

Università degli Studi di Catania

Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

Corso di Laurea Specialistica in Informatica

Gianni Barrotta

Utilizzo di tecniche di smart map browsing: sviluppo di api javascript

Tesi di Laurea

Relatore:

Chiar.mo Prof. Giovanni Gallo

Correlatori:

Dott. Ing. Stefano Pezzi

Dott. Ing. Leonardo Tagliavini

Anno Accademico 2006/2007

ABSTRACT

L'uso di applicazioni webgis è cresciuto considerevolmente negli ultimi anni. Molte di queste applicazioni si basano sull'uso di API Javascript come punto di partenza per la visualizzazione delle informazioni territoriali. L'utilizzo di API Javascript dà la possibilità di integrare contenuti fra loro molto lontani con il territorio generando conoscenza e riducendo i livelli di astrazione necessari per comprendere la realtà. La presenza di una mappa spesso permette una comprensione immediata del contenuto informativo di una pagina web. L'utilizzo del free software inoltre gioca un ruolo importante nella diffusione delle applicazioni webgis; molte delle API disponibili al momento in cui scriviamo sono rilasciate con licenze free software o open source.

Questa tesi si propone di analizzare l'usabilità delle applicazioni webgis basate sull'uso di API Javascript.

Lo studio si svolge in tre passi:

Analisi. Si analizzeranno le funzionalità delle applicazioni webgis free e si chiarirà il concetto di *Smart Map Browsing* per indicare l'usabilità delle applicazioni webgis.

Sviluppo di api Javascript. Presentazione di *Ras OpenLayers Javascript API*, la libreria di API sviluppata come parte pratica di questa tesi.

Integrazione mappe. Conclusione del lavoro di tesi con la presentazione di alcuni esempi di integrazione di mappe nei siti istituzionali della Regione Sardegna e implementazione di un client di navigazione cartografica del territorio regionale.

Per comprendere appieno i concetti illustrati nell'analisi e nelle implementazioni pratiche ci serviremo di alcuni concetti introduttivi.

Il primo capitolo introdurrà i concetti teorici che stanno alla base del *Geographic(al) Information System (GIS)* e del *Sistema Informativo Territoriale (SIT)*.

Il secondo capitolo tratterà gli standard sul gis, farà una panoramica sugli enti di standardizzazione e descriverà gli standard *Web Map Service (WMS)*, *Web Feature Service (WFS)* e *Styled Layer Descriptor (SLD)*.

Il terzo capitolo spiegherà l'uso del free software e dell'open source nel gis e illustrerà *GeoServer*, il map server che è stato usato per pubblicare i dati territoriali della Regione

Sardegna e *OpenLayers*, una libreria OpenSource di API Javascript molto diffusa.

Quindi si passerà all'analisi ed alle implementazioni pratiche.

Nel quarto capitolo si spiegherà il concetto di *Smart Map Browsing* e le caratteristiche di usabilità che lo definiscono, analizzando le funzionalità dei webgis dal punto di vista dell'usabilità.

Nel quinto capitolo si descriverà il progetto implementato per questo lavoro di tesi, *Ras OpenLayers JavaScript Api* (Roja).

Infine nel sesto capitolo si mostreranno alcuni esempi di integrazione di mappe all'interno di portali istituzionali della Regione Sardegna e si mostrerà una applicazione di navigazione cartografica costruita assemblando i componenti presenti all'interno di Roja.

Questa tesi è il risultato di un progetto svolto in team nell'azienda presso cui lavoro, Core Soluzioni Informatiche. La tesi è stata portata a termine in collaborazione con la mia collega Dottoressa La Guardia, membro del team di sviluppo del progetto.

Indice

1. GIS - Elementi di teoria.....	9
1.1. Il GIS.....	9
1.2. CAM (Computer Assisted Mapping).....	11
1.3. AM/FM (Automated Mapping / Facility Management).....	12
1.4. G.I.S. (Geographic Information System).....	14
1.4.1. Tipologie di GIS.....	15
1.4.2. Componenti di un GIS.....	17
1.4.3. Organizzazione dei dati.....	22
1.4.4. Come lavora il GIS.....	25
2. Gli standard nel GIS.....	30
2.1. Tassonomia degli standard nell'informatica.....	30
2.2. Open Geospatial Consortium.....	33
2.3. Altre organizzazioni di standardizzazione.....	34
2.3.1. ISO/TC211.....	34
2.3.2. CEN/TC287.....	35
2.4. INSPIRE.....	35
2.5. Gli standard OGC.....	38
2.5.1. WMS.....	39
2.5.2. WFS.....	40
2.5.3. SLD.....	44
3. Free Software e GIS.....	51
3.1. Free Software.....	51
3.1.1. Free Software e Open Source.....	51
3.1.2. Categorie di Licenze Software.....	52
3.2. Free Software e GIS.....	54

3.3. WebGis.....	55
3.4. GeoServer.....	55
3.5. OpenLayers.....	56
4. Usabilità.....	58
4.1. Smart Map Browsing.....	58
4.2. Usabilità dei componenti GUI.....	59
4.2.1. Mappa di Sintesi.....	59
4.2.2. Table Of Contents.....	59
4.2.3. Toolbar.....	60
4.2.4. ZoomBar.....	60
4.2.5. Pan direzionali.....	61
4.2.6. Scala.....	61
4.3. Usabilità delle funzioni Pan/Zoom.....	62
4.3.1. Zoom con doppio-click.....	62
4.3.2. Zoom con il mouse wheel.....	62
4.3.3. Zoom con la zoom box.....	62
4.3.4. Zoom/Pan con la tastiera.....	62
4.3.5. Zoom reset.....	63
4.3.6. Tiling.....	63
5. Roja.....	67
5.1. Strumenti.....	67
5.1.1. Guida Web Developer.....	69
5.1.2. Documentazione NaturalDocs.....	70
5.1.3. Esempi.....	71
5.1.4. Unit Test.....	72
5.2. Componenti.....	74
5.2.1. Controls.....	74
5.2.2. FloatingPanel.....	80
5.2.3. Layers.....	89
5.3. Regole di sviluppo per il codice.....	94

5.3.1. Coding.....	95
5.3.2. Sviluppo dei Cascading Stylesheet.....	96
5.3.3. Class Diagram.....	97
5.4. Conclusioni.....	97
6. Mash-up e applicazioni cartografiche basate su Roja.....	99
6.1. SardegnaSalute.....	99
6.1.1. Distretti sanitari.....	100
6.1.2. ASL.....	104
6.2. SardegnaStatistiche.....	106
6.3. Navigatore Semplificato.....	111

Indice delle figure

Figura 1 – Caratteristiche dei dati acquisiti in ottica CAD, AM/FM, e GIS.....	10
Figura 2 – Classificazione dei Sistemi Informativi Territoriali.....	17
Figura 3 – Differenza tra modello vettoriale e modello raster.....	19
Figura 4 – Equivalenze topologiche.....	21
Figura 5 – Modelli per la definizione e la realizzazione di strutture dati nei GIS.....	23
Figura 6 – Organizzazione delle informazioni in layers separati.....	26
Figura 7 – Schema riassuntivo dei metodi con relative funzioni di analisi dei dati e modellizzazione Spaziale.....	27
Figura 8 – Relazioni tra ISO, CEN ed INSPIRE.....	38
Figura 9 – Esempio di comunicazione wfs.....	43
Figura 10 – SLD UserStyle e FeatureTypeStyle.....	44
Figura 11 – SLD Rule e Filter.....	45
Figura 12 – SLD Line Symbolizer.....	45
Figura 13 – SLD Stroke e Graphic.....	46
Figura 14 – SLD Polygon Symbolizer.....	46
Figura 15 – SLD Point Symbolizer.....	47
Figura 16 – SLD, Stili applicabili ad un punto.....	47

Figura 17 – SLD TextSymbolizer.....	48
Figura 18 – SLD LineSymbolizer.....	49
Figura 19 – SLD TextSymbolizer.....	49
Figura 20 – SLD, esempio di filter.....	50
Figura 21 – Categorie di licenze software.....	53
Figura 22 – Tiling.....	64
Figura 23 – Home page di Roja.....	68
Figura 24 – Guida Web Developer di Roja.....	70
Figura 25 – Documentazione NaturalDocs delle classi di Roja.....	71
Figura 26 – Esempi di mappe e componenti Roja.....	72
Figura 27 – Unit test di Roja.....	73
Figura 28 – Roja.Control.OverviewMap.....	74
Figura 29 – Roja.Control.Copyright.....	75
Figura 30 – Roja.Control.CustomButton.....	75
Figura 31 – Roja.Control.FixedPans.....	76
Figura 32 – Roja.Control.NavToolBar.....	77
Figura 33 – Roja.Control.PanZoomButton – zoom impostato.....	77
Figura 34 – Control.PanZoomButton – pan impostato.....	78
Figura 35 – Roja.Control.s3D.....	79
Figura 36 – Roja.Control.PanZoomBar.....	80
Figura 37 – Roja.Control.FloatingPanel.AutoCompleteFind – ricerca.....	81
Figura 38 – Roja.Control.FloatingPanel.AutoCompleteFind – risultato.....	82
Figura 39 – Roja.Control.FloatingPanel.FindObject.....	83
Figura 40 – Roja.Control.FloatingPanel.Gazetteer.....	83
Figura 41 – Roja.Control.FloatingPanel.HTML.....	84
Figura 42 – Roja.Control.FloatingPanel.LayerSwitcher.....	84
Figura 43 – Roja.Control.FloatingPanel.Legend.....	85
Figura 44 – Roja.Control.FloatingPanel.Overview.....	85
Figura 45 – Roja.Control.FloatingPanel.Route – ricerca.....	86
Figura 46 – Roja.Control.FloatingPanel.Route – risposta.....	87

Figura 47 - Roja.Control.FloatingPanel.SearchAddress - ricerca.....	88
Figura 48 - Roja.Control.FloatingPanel.SearchAddress - risposta.....	89
Figura 49 - Roja.Layer.ArcXML - Immagine con diagrammi a barre	90
Figura 50 - Roja.Layer.GeoRSS.....	91
Figura 51 - Roja.Layer.RasXMLMarker.....	93
Figura 52 - Distretto di Cagliari Ovest - ASL di Cagliari.....	101
Figura 53 - Distretto di Cagliari Ovest - Etichetta che mostra il nome del comune.....	102
Figura 54 - Distretto di Cagliari Ovest - Strutture del comune di Uta.....	103
Figura 55 - Distretto di Cagliari Ovest - Ambulatori del comune di Uta.....	104
Figura 56 - Asl di Cagliari - Etichetta sull'ASL di Sanluri.....	105
Figura 57 - Tasso di celibato per i comuni della Regione Sardegna.....	108
Figura 58 - Schema interazione sistemi SITR - SardegnaStatistiche.....	111
Figura 59 - Navigatore semplificato prima del refactoring.....	112
Figura 60 - Navigatore semplificato dopo il refactoring.....	114

1. GIS – Elementi di teoria

In questo capitolo si illustreranno i concetti teorici che stanno alla base del *Geographic(al) Information System* (GIS). Verrà introdotto il concetto di *Sistema Informativo Territoriale* (SIT) e si spiegheranno le principali differenze tra un SIT e un GIS. In seguito verranno illustrati i concetti di CAM e AM/FM, precursori delle moderne applicazioni GIS. Infine verranno descritti i modelli dei dati che vengono utilizzati dai GIS.

1.1. II GIS

Un sistema informativo geografico (in lingua inglese *Geographic(al) Information System*, abbreviato in GIS) è un sistema informativo computerizzato che permette l'acquisizione, la registrazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati geografici (geo-referenziati).

Secondo la definizione di Burrough ([Burrough]) il GIS è composto da una serie di strumenti software per acquisire, memorizzare, estrarre, trasformare e visualizzare dati spaziali dal mondo reale. Si tratta di un sistema informatico in grado di produrre, gestire e analizzare dati spaziali associando a ciascun elemento geografico una o più descrizioni alfanumeriche. Il sistema informativo geografico può essere visto come una forma di DBMS in grado di gestire dati geografici. Sebbene in Italia sia uso comune utilizzare indistintamente le espressioni *Sistema Informativo Geografico* (GIS) e *Sistema Informativo Territoriale* (SIT), molti autori sono concordi nel ritenere che le due definizioni non coincidano.

Il SIT può essere inteso come l'insieme dei dati geografici organizzati per un relativo territorio e può anche prescindere dall'aspetto meramente cartografico mentre il GIS è il mezzo in grado di accedere, visualizzare e modificare tali dati e fa esplicito riferimento alla rappresentazione geografica di informazioni.

"Geografico" è infatti ciò che attiene alla rappresentazione grafica della Terra e della superficie terrestre ai più diversi livelli di dettaglio.

"Territoriale" è invece ciò che attiene al territorio che, a sua volta, è un concetto giuridico che identifica una porzione della superficie terrestre delimitata da confini amministrativi. E' evidente, da questo punto di vista, che non necessariamente un Sistema Informativo Territoriale è anche un Sistema Informativo Geografico: basti pensare ad esempio alle applicazioni informatiche in uso presso le Amministrazioni Comunali per la gestione dell'anagrafe dei cittadini, che, pur non contenendo alcuna base cartografica, sono a tutti gli effetti dei Sistemi Informativi Territoriali in quanto gestiscono informazioni (Nome, Cognome ed indirizzo in formato esclusivamente alfanumerico) riferite al territorio. E' altrettanto evidente che ciò non vale per il contrario, in quanto un Sistema Informativo Geografico è necessariamente anche un Sistema Informativo Territoriale.

Un sistema informativo è *"uno strumento computerizzato che permette di raccogliere, memorizzare, posizionare, richiamare, analizzare, trasformare e rappresentare dati georiferiti ed eventi che esistono e si verificano sul territorio"*.

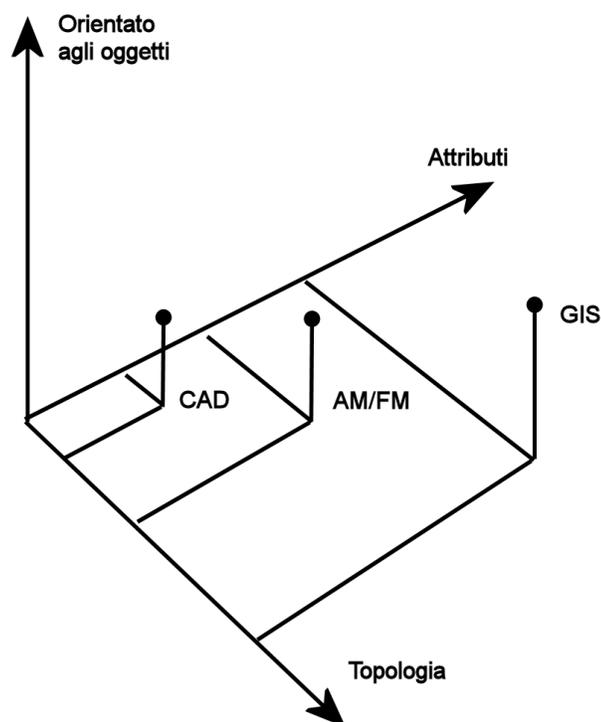


Figura 1 - Caratteristiche dei dati acquisiti in ottica CAD, AM/FM, e GIS

Incidentalmente la definizione su riportata può essere in qualche misura applicata ad almeno tre diverse "famiglie" di sistemi informativi (Figura 1), finalizzati alla gestione di dati georiferiti, ciascuna delle quali ha differenti caratteristiche tecniche ed ambiti di applicazione:

- CAM (Computer Assisted Mapping);
- AM/FM (Automated Mapping / Facility Management);
- G.I.S. (Geographic Information System).

1.2.CAM (Computer Assisted Mapping)

Si tratta sostanzialmente di un'evoluzione in senso geografico dei normali Sistemi CAD (*Computer Aided Design*) con la differenza che anziché essere finalizzati a produrre dati grafici, i sistemi CAM sono concepiti per produrre dati cartografici. La finalità di un sistema CAM, infatti, è esclusivamente la produzione di cartografia, in sostituzione dei tradizionali metodi manuali, attraverso l'uso della tecnologia CAD.

In un sistema CAM i dati cartografici sono organizzati in "livelli" (*layers*), ciascuno dei quali contiene tutti i dati relativi a una tipologia di elemento: strade, corsi d'acqua, case, etc.

I livelli possono essere visti come pellicole sovrapposte, per cui la stampa di una mappa può contenere tutte o soltanto alcune tipologie di elementi, a seconda delle necessità e dell'uso che se ne intende fare.

Trattandosi di sistemi per lo più utilizzati per la produzione e l'editing di cartografia le funzionalità software maggiormente sviluppate sono, com'è logico, finalizzate alla gestione grafica dei dati e alla disponibilità di librerie grafiche particolarmente curate (simbologie, legende, ecc) che li rendono particolarmente adatti alla stampa di prodotti cartografici "professionali". Inoltre, la produzione di cartografia attraverso un sistema CAM semplifica enormemente il problema dell'aggiornamento delle mappe, specie se rapportato ai metodi tradizionali consentendo quindi un notevole risparmio di tempo e di denaro rispetto ai tradizionali sistemi di stampa.

Per contro, la limitazione di un sistema c.d. CAM risiede nel fatto che le relazioni spaziali fra i diversi elementi non sono definite, rendendo quindi questo strumento poco adatto all'analisi dei dati cartografici, che possono essere elaborati solo in determinate condizioni. I diversi elementi contenuti all'interno della mappa sono infatti raggruppati e ordinati fra loro (su livelli grafici sovrapposti) solo in base a caratteristiche tematiche (strade, edifici, confini amministrativi, idrografia, ecc.) e hanno in comune il solo fatto di essere tutti riferiti ad uno stesso sistema di riferimento (UTM, G-B, WGS-84, ecc). Un CAM, inoltre, non possiede alcun tipo di database alfanumerico associato ai dati grafici. In base a tali caratteristiche il database grafico di un sistema CAM è senz'altro in grado, ad esempio, di descrivere la geometria di due strade che si incrociano (ammesso che esse siano entrambe presenti sullo stesso livello grafico) ma ciò non significa che, a livello di database, sia possibile identificare un determinato punto come incrocio. Tale funzionalità infatti è del tutto ininfluente ai fini della stampa di una cartografia. Analogamente a quanto su riportato, un insieme di linee può anche descrivere graficamente un'area chiusa ma ciò non significa che il sistema sia in grado di identificare tale area come un poligono. Tali linee - infatti - sono relazionate fra loro solo in base al fatto che risiedono tutte sul medesimo livello grafico e che sono tutte riferite allo stesso sistema di coordinate geografiche. Il fatto che esse circoscrivano un'area chiusa può, quindi, non essere adeguatamente gestito in termini logici dal sistema. Molto spesso i tecnici e gli esperti che si occupano di pianificazione, progettazione e gestione del territorio devono rispondere a domande che richiedono una certa capacità di analisi spaziale, del tipo "Quali elementi sono a una certa distanza da questo punto?" o "Quanti elementi di questo tipo sono contenuti in quest'area?" o ancora "Quali aree sono sia di questo tipo che di quest'altro tipo?" Un sistema CAM non è evidentemente in grado di dare risposte adeguate a questo genere di domande per il semplice motivo che le relazioni spaziali intercorrenti fra i diversi elementi contenuti nella mappa non sono definite nella struttura dei dati.

1.3.AM/FM (Automated Mapping / Facility Management)

Nella filosofia dei sistemi AM/FM il tema maggiormente focalizzato è la gestione e il

trattamento di informazioni tecniche riferite alle diverse infrastrutture che risiedono sul territorio. A differenza dei sistemi CAM, l'enfasi maggiore, in questo tipo di sistemi, è data alle funzionalità di memorizzazione, analisi dei dati e di generazione di *report*. I sistemi AM/FM hanno principalmente l'obiettivo di consentire un'agevole gestione di dati su un adeguato supporto cartografico. Si tratta per lo più di sistemi che trovano largo impiego nel settore della progettazione e gestione di infrastrutture territoriali "a rete" quali ad es. viabilità, acquedotti, ecc. (in quel settore cioè che negli Stati Uniti viene definito delle *utilities*). Tali sistemi nascono con l'obiettivo di rendere disponibili all'utente una serie di funzionalità per analizzare le caratteristiche fisiche e costruttive delle infrastrutture di interesse e consentirne una gestione efficiente e razionale. I sistemi AM/FM, basati anch'essi su tecnologia CAD, si distinguono dai sistemi CAM per una minore precisione nel dettaglio "cartografico" della mappa, a favore di un deciso approfondimento nell'organizzazione dei dati e nella loro analisi. In un sistema AM/FM, infatti, la componente cartografica di base viene vista come un semplice strato informativo su cui "*appoggiare*" le informazioni grafiche di interesse, per lo più riferite alle caratteristiche tecniche e costruttive delle reti (strade, fognature, reti gas, reti elettriche, ecc). Obiettivo del sistema è quello di operare alcune analisi sulle caratteristiche fisiche delle infrastrutture che risiedono sul territorio e non quella di disporre di funzionalità di tipo grafico per la riproduzione di informazioni geografiche. Un'altra caratteristica tipica dei sistemi AM/FM è quella di poter attribuire dati non grafici ad elementi grafici; ad esempio, prendendo come riferimento una strada evidenziata sulla cartografia, è possibile associare ad essa una serie di informazioni: caratteristiche fisiche (dimensioni, materiali usati per la costruzione), flussi di traffico, livello di servizio, numero e tipo di incidenti che si sono verificati, nome dell'Ente gestore, etc. Combinando insieme questi due elementi - l'organizzazione dei dati grafici in una struttura *a rete* e la possibilità di associare a tali dati grafici delle informazioni di tipo alfanumerico riferite alla rete medesima - è quindi possibile progettare, analizzare e gestire in modo molto efficiente una rete comunque complessa di elementi situati sul territorio.

1.4.G.I.S. (Geographic Information System)

La definizione probabilmente più completa che sia stata fornita di G.I.S. è quella che è stata formulata da P.A. Borrough ([Borrough]) nel 1986. In base a tale definizione un G.I.S. è *"un potente insieme di strumenti in grado di acquisire, immagazzinare, recuperare, trasformare, analizzare e riprodurre dati spaziali riferiti al territorio"*. Oltre a tale definizione, altre ancora ne sono state fornite da altri autori; Aronoff (1989) ha definito i G.I.S. come *"un insieme di procedure, basate sull'utilizzo di strumenti informatici, atte a memorizzare e manipolare dati geografici"*, mentre Cowen (1988) ha definito un G.I.S. come *"un sistema per il supporto decisionale su tematiche di natura ambientale che si basa sull'utilizzo di dati spazialmente riferiti"*.

Caratteristica fondamentale di un GIS è, quindi, la capacità di **georeferenziare** i dati, cioè di attribuire ad ogni elemento le sue coordinate spaziali reali. Infatti, le coordinate di un oggetto non sono memorizzate relativamente ad un sistema di riferimento arbitrario (di una mappa), né relativamente al sistema di coordinate della periferica usata, come la tavoletta digitalizzatrice o il video, ma sono memorizzate secondo le coordinate del sistema di riferimento (Gauss-Boaga, UTM, ecc.) in cui realmente è situato l'oggetto. Essendo le configurazioni statiche e isolate parzialmente rappresentative, un sistema informativo territoriale deve essere costituito da elementi interagenti in cui la comprensione della realtà territoriale avviene attraverso approcci dinamici e relazionali. Alle operazioni standard effettuate sui database più comuni, quali ricerche ed analisi statistiche, il GIS integra le sue **funzionalità** quali la memorizzazione e l'immagazzinamento dei dati, la manipolazione e l'analisi degli stessi, la creazione di rappresentazioni e copie di output (carte e tabelle). Lo strumento informatico, dunque, consente di effettuare analisi spaziali su oggetti del mondo reale attraverso l'esame di un suo "modello" informatizzato. In buona sostanza ciò che distingue un G.I.S. dalle altre due applicazioni precedentemente illustrate è che un G.I.S. è particolarmente adatto per condurre sessioni anche molto approfondite di analisi dei dati geografici. Questo genere di sistema, oltre alle funzionalità e caratteristiche già viste in precedenza, consente cioè di gestire ed analizzare ogni genere di relazione spaziale intercorrente fra tutti gli elementi

che fanno parte del database. Questa funzionalità, nota come **Analisi Topologica** dei dati va al di là della mera descrizione della geometria e della localizzazione dei diversi elementi contenuti in una mappa. La **topologia** è infatti quella disciplina che studia le diverse relazioni spaziali (interconnessione, inclusione, contiguità, ecc.) che intercorrono fra entità geometriche diverse (punti, linee, aree, ecc.) all'interno di un determinato spazio. Mediante un'analisi di tipo topologico è quindi possibile determinare, ad esempio, come gli elementi lineari contenuti in una cartografia siano connessi fra loro ma anche quali aree siano contenute (interamente e/o parzialmente) all'interno di altre aree più ampie, o ancora, quali aree siano confinanti rispetto ad altre, ecc. La strutturazione topologica dei dati grafici consente quindi di rispondere a domande del tipo "quali e quanti oggetti reali appartenenti alla classe "edificato" sono contenuti all'interno di quest'area?" o ancora "quali e quanti oggetti puntuali di questo determinato tipo sono a una distanza minima, pari ad un certo valore, rispetto a tutti gli incroci presenti sulla rete stradale?" ecc.

E' evidente, peraltro, che per ottenere una risposta corretta è necessario che il sistema GIS in questione disponga di una adeguata base di dati strutturata secondo criteri topologici. Per definire **l'organizzazione topologica dei dati**, un sistema GIS deve necessariamente fare ricorso ad una particolare struttura del database.

In modo non dissimile da quanto avviene in un sistema CAM, anche in un sistema GIS, tutti gli elementi grafici che fanno parte della cartografia sono riferiti ad un sistema comune di coordinate. Ma le similitudini finiscono qui.

In un sistema GIS, infatti, gli elementi grafici di base che compongono la cartografia (primitive geometriche o, più spesso *Entità*) sono sostanzialmente costituiti da **NODI**, **LINEE** e **AREE** (non è infrequente incontrare altre terminologie quali Punti, Archi, Poligoni, ecc.).

1.4.1. Tipologie di GIS

Gli **obiettivi** generali dei sistemi informativi geografici sono essenzialmente quelli di ricerca e analisi (creare modelli, simulare tendenze e predisporre scenari) e,

contestualmente, di visualizzazione dei risultati (la rappresentazione su mappe può essere integrata con “*report*”, viste tridimensionali, immagini fotografiche ed altre rappresentazioni multimediali).

Le realizzazioni più frequenti si potrebbero classificare in due **tipologie principali**:

- sistemi per la gestione di beni e risorse distribuite (reti tecnologiche, catasti, sistemi informativi comunali, patrimoniali, ecc.);
- sistemi per la programmazione territoriale ed il supporto alle decisioni (stesura di piani, valutazioni di impatto ambientale, applicazioni socio-demografiche, *geomarketing*, ecc.).

Sia che si debba localizzare una nuova attività, individuare il suolo migliore per coltivare un elemento specifico, trovare il percorso ottimale per un veicolo d'emergenza, un GIS realizza questi obiettivi meglio, più velocemente, e con costi minori, migliorando l'organizzazione e la gestione delle risorse. “Migliori informazioni comportano migliori decisioni” è il principio per cui va progettato un sistema informativo: un GIS, però, non è un sistema per produrre decisioni in maniera automatica ma uno strumento per interrogare, analizzare e visualizzare dati a supporto del processo decisionale. Esso risponde alla necessità di procedere all'analisi integrata di informazioni organizzate e georiferite al territorio, al fine di mostrare i dati acquisiti in vari modi e secondo vari punti di vista.

I GIS possono essere utilizzati nelle più svariate applicazioni: in agricoltura, nella protezione civile, nei vari settori ambientali, nelle amministrazioni comunali, nelle aziende che gestiscono le reti tecnologiche, nel settore delle analisi socio-demografiche e di mercato, nel settore dei trasporti, nel settore della progettazione di opere ed infrastrutture e nel settore delle telecomunicazioni, ecc. Per Kraus, quello che viene comunemente definito *Geographic Information System*, dovrebbe in realtà essere definito *Spatial Information System* o **Sistema Informativo Spaziale**, che comprende il GIS e che rende maggiormente l'idea della visione multidimensionale o spaziale. Tra di essi si possono individuare tre categorie (Figura 2) :

- **Sistemi Informativi Catastali** o *Land Information Systems* (LIS), che includono il catasto urbano e fondiario e il catasto delle reti tecnologiche e che, quindi, sono più

orientati agli aspetti amministrativi e legali del territorio;

- **Sistemi Informativi Topografici** o *Topographic Information Systems* (TIS), che includono le forme topografiche ed antropiche del terreno e che comprendono anche i modelli digitali del terreno o *Digital Elevation Models* (DEM);
- **Sistemi Informativi Geografici**, che sintetizzano numerosi contenuti tematici con maggiore generalizzazione rispetto ai sistemi precedenti.

Rifacendoci alle definizioni classiche, poi, i SIT possono essere ulteriormente suddivisi in due grandi categorie: i **Sistemi Gestionali** ed i **Sistemi di Supporto alle Decisioni** (DSS, *Decision Support System*).

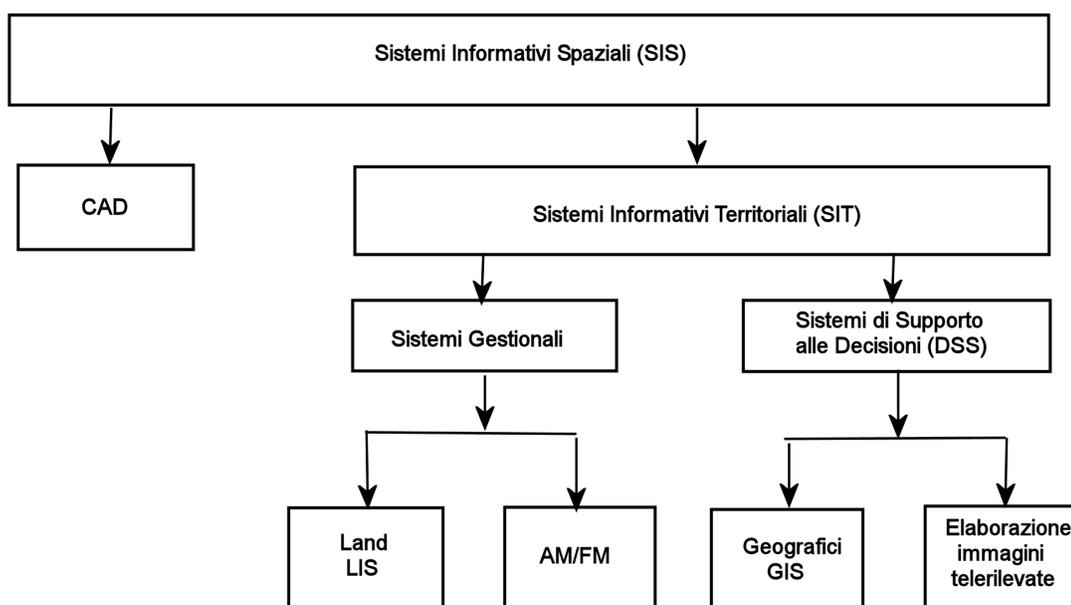


Figura 2 - Classificazione dei Sistemi Informativi Territoriali

1.4.2. Componenti di un GIS

Hardware

Essenziale è la piattaforma hardware su cui le applicazioni GIS possono lavorare: si va dal personal computer alla *workstation*, ai sistemi dipartimentali, fino a grossi sistemi di

calcolo. Fondamentale, poi, l'utilizzo delle periferiche per l'input/output dei dati, quali digitalizzatori, scanner, stampanti, plotters, ecc.

Software

I software sono diversificati e rispecchiano la modularità dei sistemi GIS: programmi applicativi per dati vettoriali, raster, integrati, ed ibridi; strumenti per l'inserimento e la manipolazione delle informazioni geografiche; sistemi per la gestione del database (DBMS); strumenti per la ricerca, l'analisi e la sua visualizzazione; interfacce grafiche di facile accesso agli utenti. La filosofia della formazione di pacchetti software per esigenze specifiche sta decisamente cedendo il passo alla personalizzazione di pacchetti evoluti che prevedono una struttura di base comune alle diverse applicazioni.

Dati

I dati per il GIS costituiscono la componente più importante dei GIS; ricoprono un ruolo rilevante, non solo per il loro contenuto informativo, ma anche per il loro costo, che spesso è superiore al 70% del costo complessivo del sistema. E' importante precisare, però, che il miglior rapporto costo - efficacia nella raccolta dei dati si ottiene raccogliendo solo ed esclusivamente i dati di cui si ha effettivamente bisogno: il miglior sistema informativo è quello che contiene i dati strettamente necessari e di accuratezza adeguata per la propria applicazione. I dati, inoltre, sono la componente di più lunga durata all'interno del GIS: possono essere aggiornati ed integrati per 10-15 anni prima di essere sostituiti. Le fonti di tali dati possono essere le più svariate: dalle carte topografiche di base, ai dati relativi alla popolazione, alle imprese, alle risorse ambientali, ecc.

Il dato geografico, o elemento territoriale, è, quindi, costituito da tre componenti:

- **posizionale** (geometrica), che descrive la forma e la posizione dell'oggetto strutturato ad alto livello, attraverso punti, linee, aree, pixel;
- **descrittiva**, alfanumerica, che esprime il valore di una grandezza e si manifesta in una serie di attributi (valori numerici, stringhe di caratteri, toponomastica) che descrivono le caratteristiche degli oggetti;
- **topologica**, di relazione tra gli oggetti, necessaria per l'effettuazione delle analisi

spaziali.

La schematizzazione del territorio avviene secondo gli approcci di rappresentazione vettoriale e raster, come illustrato dall'immagine seguente.

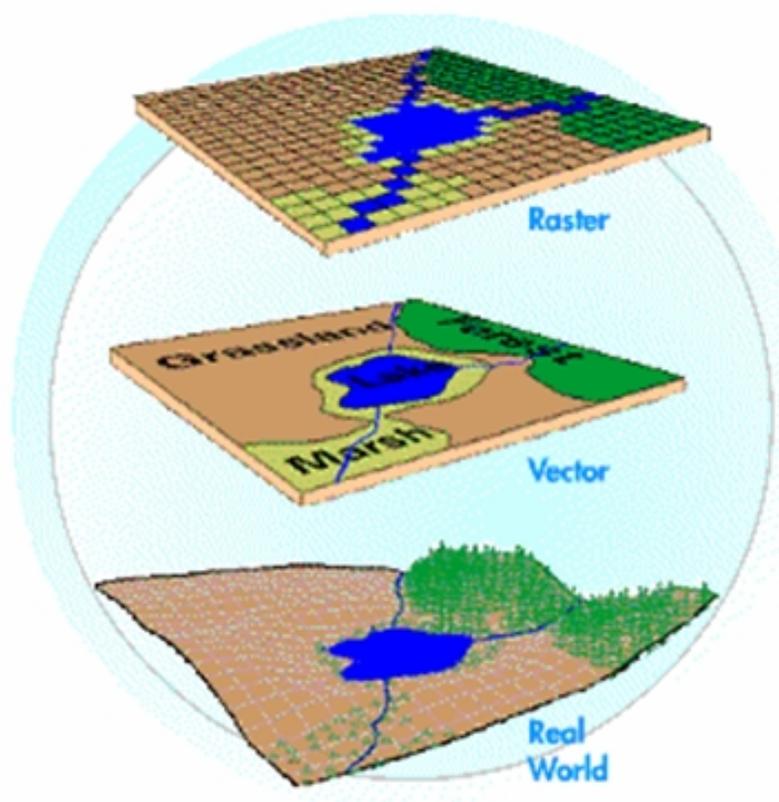


Figura 3 – Differenza tra modello vettoriale e modello raster

Il dato **raster** permette di rappresentare il mondo reale attraverso una matrice di celle, generalmente di forma quadrata o rettangolare, dette pixel. A ciascun pixel sono associate le informazioni relative a ciò che esso rappresenta sul territorio. La dimensione del pixel (detta anche *pixel size*), generalmente espressa nell'unità di misura della carta (metri, chilometri etc.), è strettamente relazionata alla precisione del dato.

Concepito per le discipline che utilizzano dati da satellite, tale modello si presta bene a gestire dati tematici (fenomeni naturali, geofisica, modellizzazione atmosferica ed ambientale) ([Wiki]).

Il **modello VETTORIALE**, invece, è estremamente utile per descrivere fenomeni discreti (pianificazione, gestione di reti, ambiti amministrativi), ma risulta meno adatto per descrivere fenomeni continui. Nel GIS con modello dati vettoriale il territorio viene descritto utilizzando gli elementi propri della cartografia numerica (punti, linee o segmenti, aree) ed i nodi, oggetti a zero dimensioni, punti particolari che specificano una connessione topologica o la posizione di un'entità geometrica.

Un punto viene individuato in un sistema informativo geografico attraverso le sue coordinate reali ($x1, y1$); una linea o un poligono attraverso la posizione dei suoi nodi ($x1, y1; x2, y2; \dots$). A ciascun elemento è associato un record del database informativo che contiene tutti gli attributi dell'oggetto rappresentato ([Wiki]).

Nel convertire i dati relativi a ciascun elemento da un CAD (finalizzato alla sola restituzione grafica) ad un GIS, occorre calcolarne alcuni attributi (perimetro, superficie, ecc.), cosa che il software può fare (definendo tolleranze per la chiusura dei poligoni, regole formali per la condivisione di primitive grafiche, ecc.) ma che spesso richiede l'intervento di un operatore.

Un moderno GIS deve essere in grado di gestire dati di cartografia numerica georeferenziati (in coordinate metriche), dati descrittivi direttamente associati agli elementi rappresentati sulla cartografia, ma anche qualsiasi altro dato indirettamente georiferibile.

La **strutturazione delle informazioni** permette, nei GIS, l'intersezione delle basi di dati a riferimento spaziale con altre basi di dati, non spazialmente distribuite (ovvero a riferimento spaziale debole: implicita o indiretta), quali, ad esempio, quelle rivolte allo studio dell'ambiente naturale, della società civile e del mondo economico.

Gli **attributi**, chiamati anche dati non-spaziali, perché privi di connotazione posizionale ed invarianti rispetto a cambi di scala, in genere si distinguono in:

- *metrici* (lunghezze, aree, ecc.);
- *grafici* (codici per la rappresentazione come simboli o spessori);
- *descrittivi* (nomi, altre caratteristiche);
- *complessi* (rilievi, foto, disegni, ecc.).

Oltre alla posizione geografica ed agli attributi specifici degli oggetti, è necessario creare, nei dati per un GIS, un insieme di relazioni spaziali, che descrivono le relazioni logiche esistenti tra gli elementi geografici, le cosiddette **relazioni topologiche**. Una relazione che stabilisce un confronto fra due entità geografiche sulla base dei rispettivi attributi geometrici è detta topologica; la figura precedente mostra degli esempi di relazioni topologiche. La **topologia** applicata alle informazioni geografiche esprime il modo con cui gli oggetti geografici si connettono fra di loro, e i loro mutui rapporti spaziali, utilizzando le relazioni di ADIACENZA, APPARTENENZA e CONNESSIONE. Le relazioni topologiche giocano un ruolo fondamentale nei sistemi di elaborazione di informazioni dello spazio poiché permettono di effettuare analisi spaziali senza prendere in considerazione la geometria (coordinate) degli oggetti.

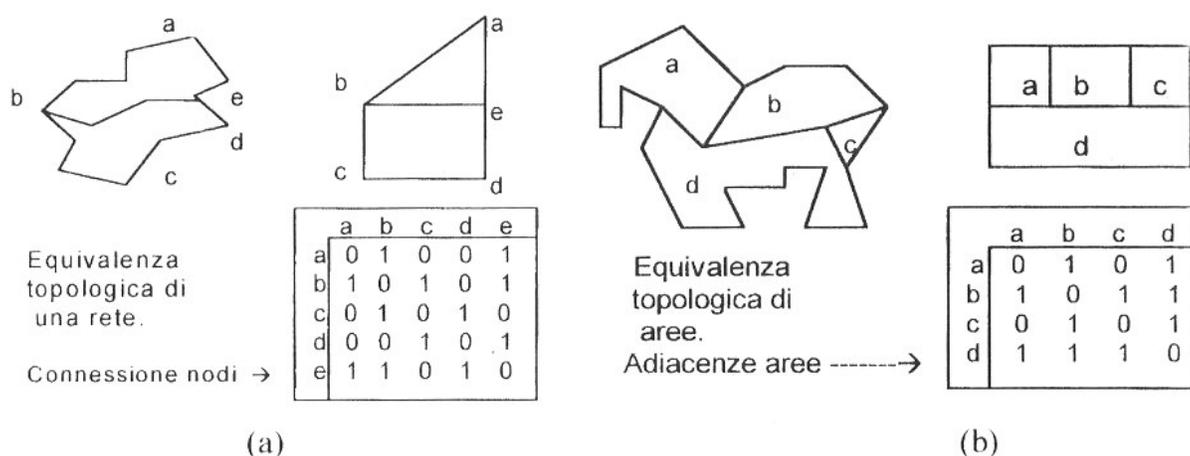


Figura 4 – Equivalenze topologiche

Le relazioni topologiche servono anche a verificare la coerenza di un database: bordi in comune tra paesi contigui, invarianza delle aree in seguito a divisioni od unioni, ecc. Fondamentale, poi, è il fattore **tempo**, che dà la possibilità di effettuare analisi temporali attraverso la caratterizzazione del dato relativamente alla sua posizione nel tempo, permettendo, così, di ricavare preziose informazioni sull'evoluzione di un determinato evento ed in particolare di modellizzare il fenomeno al fine di prevederlo ed intervenire. Questo fattore aumenta di importanza in funzione della rapidità dei cambiamenti.

Completata la fase di inserimento dei dati si procede alla loro **manipolazione** al fine di renderli compatibili con il software GIS utilizzato ed all'eliminazione dei dati non necessari.

1.4.3. Organizzazione dei dati

Due sono i modi di affrontare il problema dell'organizzazione gestionale dei dati in un SIT, a seconda delle due differenti modalità di archiviazione.

- ¶ Una **banca dati** è un sistema di gestione orientato all'uso di archivi separati, e quindi con ripetizione di informazioni: impone un tipo di archiviazione semplice, soprattutto quando l'estensione è assai grande, in cui gli insiemi di dati si seguono in maniera ordinata, con poche informazioni ausiliarie. Essa funziona, dunque, come un deposito di dati, ordinato e di facile accesso;
- ¶ Le **basi di dati** (*database*) sono strutture fondate sull'integrazione, cioè sulla memorizzazione del minor numero possibile di dati primari, integrati da un gran numero di informazioni ausiliarie che specificano le relazioni fra di essi esistenti.

Seguendo un approccio di tipo "*top-down*" si passa dal modello, ossia le regole che permettono di descrivere lo spazio geometrico, alla struttura, che stabilisce l'organizzazione di queste regole nel sistema computerizzato.

Una metodologia di implementazione della struttura dati vettoriale nei GIS percorre quattro livelli di modellizzazione, come illustrato nella figura sottostante:

- livello esterno;
- livello concettuale;
- livello logico;
- livello fisico (informatico).



Figura 5 – Modelli per la definizione e la realizzazione di strutture dati nei GIS

Il livello esterno

Il livello esterno consiste nel descrivere, in linguaggio naturale, le entità coinvolte in un particolare fenomeno del territorio; poiché esistono diversi modi di vedere la realtà e si utilizzano diverse geometrie, si avranno più modelli esterni che corrispondono a differenti scopi e necessità.

Il livello concettuale

Il livello concettuale corrisponde ad una sintesi di tutti i modelli esterni e crea uno schema organizzativo con cui rappresentare i fenomeni e le relazioni oggetto di studio che può essere appropriato per implementazioni fisiche diverse. Sebbene il modello concettuale possa essere descritto tramite frasi in linguaggio naturale, si preferiscono usualmente utilizzare strumenti formali (approccio entità/relazione), per passare in modo semplice dal modello concettuale al modello logico. Le componenti di base del modello di gestione dati *Entità/Relazioni* (E/R) sono:

- le entità;
- le classi di entità;
- le relazioni tra entità o classi di entità;

- gli attributi delle entità;
- le cardinalità delle relazioni.

La minima unità di disaggregazione dei dati è l'**entità**: ogni elemento è descritto attraverso le relazioni di vicinanza, adiacenza, contiguità con altri elementi. I contenuti delle entità, ad un livello più semplice, sono memorizzati secondo **campi** e **record**: in ogni campo è contenuto un valore riferito ad una certa entità e tutti i campi che si riferiscono ad una certa entità vengono poi raggruppati in contenitori più grandi, i record, ossia schede che riuniscono tutti i valori relativi ad una stessa entità. In tale modo viene assicurata la coerenza dei dati: le relazioni mantengono la loro validità anche quando vengono modificate le chiavi primarie o i valori degli attributi. Un aspetto da non sottovalutare è il costo per l'aggiornamento e la manutenzione dei dati: è relativamente facile costruire strutture dati con un numero elevato di entità, per poi accorgersi che non tutti i dati relativi ad alcune entità sono disponibili o di facile acquisizione.

Il livello logico

Il modello logico corrisponde alle diverse implementazioni logiche del modello concettuale, in altre parole organizza i dati secondo le strutture dati:

- gerarchica;
- reticolare;
- relazionale.

Nella struttura gerarchica i record sono associati secondo relazioni padre-figlio. Il vantaggio di tale struttura sta nella sua semplicità: le relazioni presenti sono tutte esplicitate e questo porta ad una notevole velocità di accesso e gestione dei dati. E', però, una struttura non vantaggiosa perché inflessibile: nuove relazioni richiedono una nuova struttura. Nella struttura reticolare ogni record può avere più di un record padre e sono possibili i collegamenti anche tra elementi appartenenti allo stesso livello: le relazioni, in generale, sono del tipo molti a molti.

Nella struttura relazionale i dati sono organizzati in tabelle dove le righe sono i record e le colonne sono i campi: non vi è gerarchia di campi all'interno del record e ciascun campo

può essere usato come chiave di ricerca attraverso interrogazioni. Con l'uso degli attributi contenuti nelle tabelle si possono stabilire dei collegamenti (relazioni), tramite puntatori, tra le diverse tabelle, conferendo una notevole elasticità alla struttura, una delle più comunemente utilizzate nei GIS. Tale tipo di organizzazione, per la sua notevole flessibilità, è utilizzato nei DBMS (*Database Management Systems*) di tipo relazionale (PostGres, Oracle, ecc.), e nei più comuni GIS commerciali.

Tuttavia il modello relazionale ha dei limiti: le prestazioni non sono sufficienti quando la banca dati contiene una grande quantità di informazioni e non fornisce adeguato supporto per il trattamento di oggetti complessi.

Il livello fisico

Il modello fisico è sostanzialmente l'implementazione a livello informatico delle basi di dati e delle loro strutture. Nel modello fisico sono esplicitati i puntatori e le informazioni necessarie per accedere e gestire concretamente i dati, mettendo a punto metodi e modalità di accesso e gestione ai dati. Tenendo presente che un SIT deve consentire evoluzioni a breve e lungo termine e deve, pertanto, adattarsi ad esigenze molto diverse e variabili nel tempo, è opportuno non spingersi in eccessive specializzazioni delle strutture fisiche. Si deve sempre essere in grado, all'occorrenza, di modificare la struttura fisica senza, però, cambiare quella concettuale.

1.4.4. Come lavora il GIS

Il GIS memorizza le informazioni in un modello organizzato in più piani informativi (*layers*), ciascuno contenente un singolo tema, e rappresentati sullo schermo geometricamente da punti, linee o aree, come mostrato dalla figura seguente.

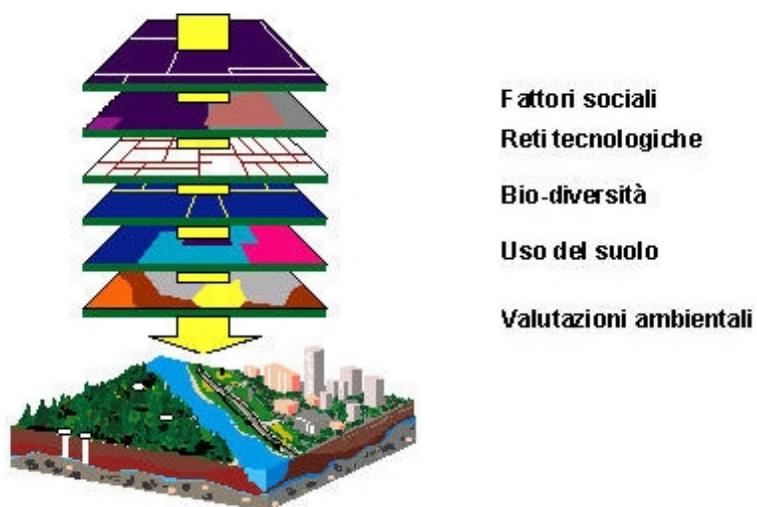


Figura 6 – Organizzazione delle informazioni in layers separati

Ciò per cui un GIS si distingue è la sua capacità di effettuare analisi spaziali: le relazioni spaziali tra gli attributi della banca dati ed il collegamento di questi con la parte geografica, porta il GIS a rappresentare un modello del mondo reale.

Lo sviluppo delle tecniche GIS ha portato in questi ultimi anni ad una costante crescita delle funzioni di analisi raggruppabili in tre categorie: analisi dei dati spaziali, degli attributi ed integrata.

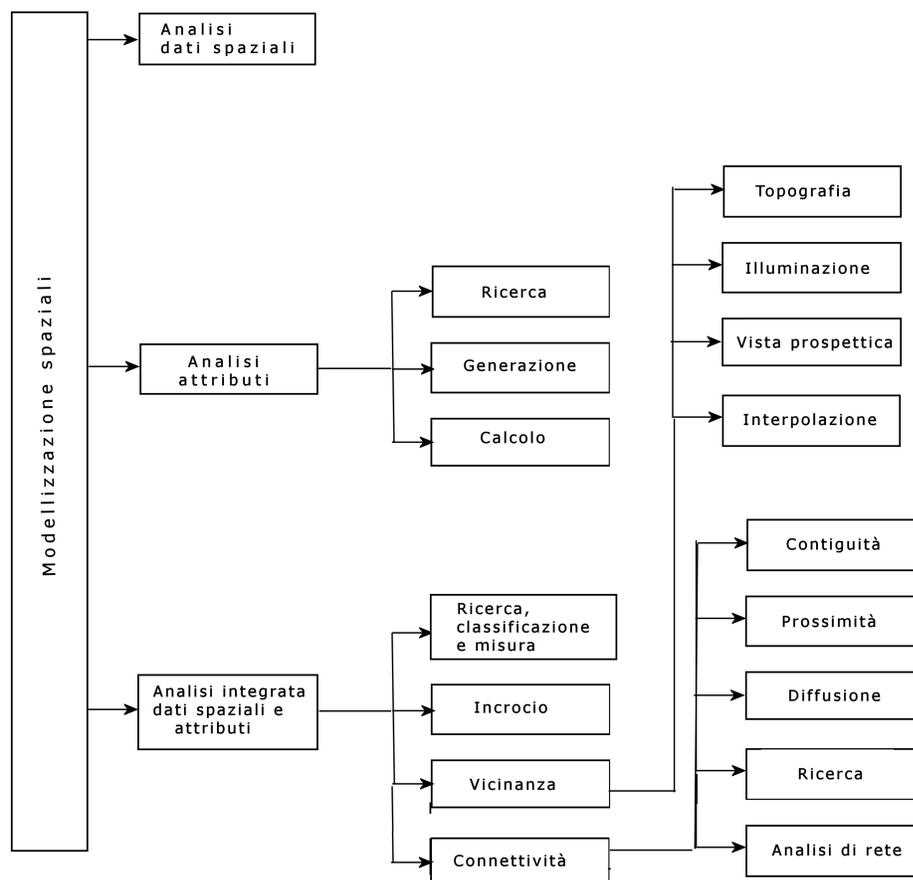


Figura 7 – Schema riassuntivo dei metodi con relative funzioni di analisi dei dati e modellizzazione Spaziale

Le *analisi dei dati spaziali* consentono di trasformare i dati, georiferire tra di loro i diversi piani informativi, editare i file e correggere eventuali errori di posizione geografica dei punti.

Le *analisi degli attributi*, ossia i metodi per accedere agli attributi, si dividono in:

- funzioni di *query*, che effettuano ricerche selettive tra gli attributi delle tabelle e generano nuove tabelle contenenti il risultato, non alterando i dati sorgente; il linguaggio di query attualmente più diffuso è l'SQL (*Structured Query Language*), indipendente dalla struttura del database, cioè di tipo non procedurale;

- funzioni di generazione, che implicano processi di fusione delle classi, riducendo il livello di dettaglio;
- funzioni di calcolo, ossia operazioni di tipo aritmetico, logico e matematico sugli attributi.

Nell'*analisi integrata* dei dati spaziali e degli attributi si possono definire quattro categorie:

- funzioni di ricerca, classificazione e misura;
- funzioni di incrocio (*overlay*) topologico, in cui si effettua una sovrapposizione tra gli elementi dei due temi per creare un nuovo tematismo (ad esempio per sovrapporre il tema dei confini di un parco con i confini dei comuni per determinare le superfici di competenza di ogni amministrazione o la percentuale di area comunale protetta);
- funzioni di vicinanza (*neighbourhood*), che valutano le caratteristiche di un'area intorno ad una specifica posizione. Esistono quattro tipi di operatori di vicinanza: funzioni topografiche (acclività, esposizione dei pendii), funzioni di illuminazione (insolazione, ombreggiatura), funzioni di vista prospettica, funzione di interpolazione;
- funzioni per la verifica della connettività, distinte in: contiguità, prossimità (*buffering*, per valutazioni d'impatto ambientale), diffusione (*spread*, per l'inquinamento), ricerca (*seek*, per la ricerca del tragitto ottimale), analisi di rete.

Un GIS, in definitiva, rende disponibili le seguenti funzionalità di base:

- acquisizione di dati provenienti da fonti e tecniche diversificate;
- strutturazione dei dati acquisiti e memorizzazione dei loro attributi grafici, topologici ed alfanumerici;
- selezione e ricerca spaziale di oggetti mediante interrogazioni sulle loro componenti geometriche e/o alfanumeriche;
- disponibilità di operatori per elaborazioni e analisi spaziali sul database, con la possibilità di generazione di nuove informazioni a partire da quelle memorizzate: sovrapposizione automatica di livelli geografici (*map overlay*); generazione di aree di rispetto o di influenza (*buffer*);

- analisi delle reti (ricerca del minimo percorso, analisi di connettività); generazione di modelli digitali del terreno (Digital Terrain Model);
- visualizzazione delle informazioni e produzione di elaborati in uscita.

Per garantire un funzionamento efficiente dei GIS è necessaria una generale standardizzazione dell'organizzazione dei dati ed il riferimento ad uno stesso sistema di riferimento cartografico. Inoltre il linguaggio utilizzato per la descrizione degli attributi delle entità deve essere basato su termini e codici convenzionalmente adottati, in modo che non sia necessario, nell'interscambio di database prodotti da enti diversi, ricorrere ad una ricodifica dei termini e dei simboli utilizzati ([Caprioli]).

2. Gli standard nel GIS

In questo capitolo si tratteranno gli standard utilizzati nel GIS. Dopo una breve tassonomia degli standard disponibili, si descriveranno le principali organizzazioni di standardizzazione e si analizzeranno più dettagliatamente gli standard Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) e Styled Layer Descriptor (SLD). Si rimanda al sito ufficiale del consorzio Open Geospatial Consortium ([OGC]) per una trattazione approfondita degli altri standard.

2.1. Tassonomia degli standard nell'informatica

Il termine standard ha diversi significati nel gergo comune, ma nell'Information Technology possiamo definire standard ([Krechmer]) come accordi condivisi tra vari attori che abilitano le comunicazioni tra prodotti o servizi. Come recita il sito dell'ISO, se non ci fossero standard ce ne accorgeremmo subito. L'esistenza di questi accordi condivisi implica che qualsiasi prodotto o servizio che implementa lo standard ha un comportamento esterno prevedibile e largamente indipendente dalla particolare implementazione. Per esempio, lo standard GSM per i telefoni cellulari è implementato da tanti produttori di telefoni e operatori di telefonia, ma ciononostante tutti i telefoni possono comunicare con tutte le reti degli operatori e tra di loro ovvero sono interoperabili. Per interoperabilità si intende l'abilità dei sistemi tecnologici di informazione e comunicazione (ICT) e dei processi di business di scambiarsi dati e consentire la condivisione di informazioni e conoscenze.

Gli standard si possono classificare secondo il processo di definizione e di controllo dell'evoluzione delle specifiche. Per valutarne l'impatto sull'adozione da parte degli sviluppatori di software non si possono trascurare però le politiche di licenza di eventuali brevetti registrati sugli standard stessi o parti di questi. I brevetti su processi e algoritmi o metodi matematici (noti anche come 'brevetti sul software') sono stati introdotti negli USA

a metà degli anni '80. In Europa la Convenzione Europea sui Brevetti (EPC) li vieta esplicitamente, ma l'Ufficio Brevetti Europeo (EPO) li rilascia comunque da quasi dieci anni. Pertanto gli standard possono essere catalogati come segue:

- *standard proprietari*: ovvero quando le specifiche sono definite e mantenute da un'unica entità (azienda o consorzio) e l'accesso al processo di definizione e manutenzione dello standard è chiuso, gestito dall'entità stessa; gli standard proprietari possono essere a loro volta suddivisi in:
 - *standard proprietari segreti* sono quelli le cui specifiche non sono divulgate, a volte sono disponibili su licenza, a discrezione del proprietario, per esempio il protocollo di Skype, oppure i formati MrSID e DWG. Spesso questi formati sono anche brevettati, e in questi casi anche le implementazioni realizzate tramite reverse engineering possono essere impedito per via legale;
 - *standard proprietari pubblici* si hanno quando le specifiche sono divulgate, per esempio le specifiche del formato DWF di Autodesk o del PDF di Adobe o del SHP di ESRI; anche le specifiche del linguaggio Java rientrano in questa categoria, essendo gestite da un consorzio (il Java Community Process). Quando questi standard sono coperti da brevetti, le implementazioni di terzi devono essere autorizzate dal titolare del brevetto stesso tramite policy diverse caso per caso;
- *standard aperti*: sono standard definiti da consorzi, gruppi di imprese, università ed enti di ricerca cui è possibile contribuire senza particolari restrizioni, in modo da consentire un'ampia partecipazione alla definizione e manutenzione dello standard; un esempio di questo tipo sono gli standard di Internet definiti dal W3C e da IETF o gli standard del Open Geospatial Consortium; gli standard aperti diventano *standard aperti de iure* quando sono definiti da enti internazionali riconosciuti come ISO o UNI.

La maggior parte di questi enti consente la definizione di standard aperti anche se coperti da brevetti. Al momento nessuno di questi, tranne W3C, si è dotato di politiche di licenza

obbligatoria e royalty-free per le implementazioni. Tuttavia per implementare come Software Libero uno standard coperto da brevetto è necessario che la licenza del brevetto stesso non interferisca con i diritti illimitati di esecuzione, studio, modifica e distribuzione garantiti dalle licenze di copyright del software stesso. Per esempio si consideri il caso di uno standard brevettato la cui licenza di brevetto prevede la corresponsione di un ammontare, anche piccolo, per ogni copia del programma distribuito; scrivere un programma che implementi lo standard comporterebbe un controllo sul numero di copie circolanti del programma, ma questo è in contraddizione con il diritto illimitato di distribuzione garantito dal Software Libero.

Pertanto è necessario specificare un'ulteriore categoria di standard:

- *standard equi*: sono standard aperti o proprietari pubblici le cui specifiche complete sono accessibili a chiunque le richieda (gratuitamente o dietro equo compenso); sono disponibili per implementazione senza limiti di alcun genere; eventuali brevetti sono concessi a chiunque, gratuitamente, permanentemente autorizzando anche la sublicenza; le modifiche allo standard sono consentite ma non necessariamente approvate dall'ente che sancisce lo standard.

Gli *standard equi* sono estremamente importanti per la società moderna. Assicurano che i prodotti e i servizi siano di qualità sufficiente (certificati dall'aderenza allo standard) e possono interoperare pur essendo implementati da produttori o enti diversi, inclusi i produttori di Software Libero. È importante notare che tutti gli standard su cui si basa Internet sono *standard equi*.

Il primo ed innegabile vantaggio nell'usare *standard equi* è nella riduzione del rischio di essere bloccati nell'acquisizione di soluzioni tecnologiche specifiche o fornitori particolari: siccome le specifiche sono note e liberamente disponibili è più probabile riuscire ad ottenere supporto e integrazione tramite diverse tecnologie o fornitori. Inoltre con questi standard è generalmente più semplice riuscire a far dialogare tra loro sistemi di fornitori diversi e ci si può garantire meglio dall'obsolescenza del software. Queste considerazioni sono ancora più importanti se si considerano le applicazioni e i dati governativi ([Maffulli]).

2.2. Open Geospatial Consortium

Dagli anni '70 con lo sviluppo dei primi sistemi di analisi geografica e spaziale si sentiva crescente la necessità di poter mescolare e analizzare dati provenienti da diverse istituzioni. , la loro limitata flessibilità ed estendibilità oltre alla compatibilità limitata dei formati generava e genera tuttora frustrazione tra gli utenti. Molti di questi utenti, specialmente negli USA, iniziarono a svilupparsi soluzioni ad hoc internamente, come per esempio fece l'U. S. Army Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratory (CERL) con il programma **GRASS** (Geographic Resources Analysis Support System). Molte università ed enti pubblici usarono GRASS come software standard per le analisi territoriali traendo vantaggio dalla sua apertura e modularità, oltre che dal costo. Nel 1995 lo sviluppo di GRASS passò in mano al settore privato ed è ora gestito dal GRASS Development Team con sede principale in Italia ed è attualmente rilasciato con la licenza GNU GPL.

Costringere tutti all'uso dello stesso programma per potersi scambiare dati non è auspicabile. Pertanto dall'esperienza di GRASS e dalla necessità di avere soluzioni interoperabili, nel 1994 è stato fondato il consorzio Open GIS, che ha poi cambiato nome in **Open Geospatial Consortium** (OGC). OGC è un'organizzazione internazionale no-profit, basata sul consenso volontario, che si occupa di definire specifiche tecniche per i servizi geospaziali e di localizzazione (location based). OGC è formato da oltre 280 membri (governi, industria privata, università) con l'obiettivo di sviluppare ed implementare standard per il contenuto, i servizi e l'interscambio di dati geografici che siano "aperti ed estensibili". Le specifiche definite da OGC sono pubbliche e disponibili gratuitamente ([Wiki]).

OGC svolge un ruolo fondamentale per connettere la mole di dati archiviati in luoghi diversi da enti pubblici e privati. Questi dati hanno già di per sé un valore enorme, ma non sarebbero facilmente gestibili se dovesse essere necessario convertirli e importarli ogni volta in differenti applicazioni. Gli standard sviluppati e promossi da OGC consentono di accedere a questa mole di dati in modi diversi e tramite gli strumenti usuali utilizzando delle interfacce standard per far dialogare i sistemi sia a livello locale che di database e

web services.

Non è facile valutare qualitativamente l'effettiva aderenza alle specifiche degli standard da parte dei vari produttori di software, ma è importante notare il ruolo degli standard nelle guerre commerciali tra i vari attori. Come notato da Shapiro e Varian, l'adozione di standard condivisi realizza un effetto di trascinamento e favorisce la diffusione dello standard stesso tramite esternalità di rete positive. In quest'ottica si può desumere che i leader di mercato non abbiano molto interesse ad adottare standard equi, preferendo imporre i propri standard proprietari segreti dall'alto della loro posizione dominante, rallentando o impedendo l'ingresso di concorrenti nei loro mercati di riferimento. Si prenda ad esempio ESRI, uno dei più importanti produttori di software gis a livello mondiale, che distribuisce come kit separato il layer di compatibilità di ArcGIS per gli standard OGC, o Microsoft, molto riluttante nell'adottare lo standard ISO 26300 come formato per Office.

D'altro canto, nell'ambito del Software Libero l'adozione di standard equi è funzionale alla diffusione del software stesso: non potendo contare su forza commerciale di vendita 'classica', il Software Libero ha bisogno di creare forti esternalità di rete e per questo usa gli standard equi come strumenti strategici di diffusione commerciale per allargare la base di installato (fondamentale per un modello di business sostenibile). Resta comunque difficile valutare qualitativamente l'effettiva aderenza alle specifiche di uno standard da parte dei vari produttori; un'analisi di questo tipo merita ulteriori approfondimenti ([Maffulli]).

2.3. Altre organizzazioni di standardizzazione

Open Geospatial Consortium ha una relazione di collaborazione stretta con altre due organizzazioni che operano a livello mondiale ed europeo, ovvero ISO/TC211 (Geographic Information/Geomatics) e CEN/TC287.

2.3.1. ISO/TC211

L'ISO, o **International Organization for Standardization** è la più importante

organizzazione a livello mondiale per la definizione di standard industriali e commerciali. Suoi membri sono gli organismi nazionali di standardizzazione di 157 Paesi del mondo. Le norme ISO vengono recepite, armonizzate e diffuse in Italia dall'UNI (ente nazionale italiano di unificazione) il membro che partecipa in rappresentanza dell'Italia all'attività normativa dell'ISO.

Il TC211 ([ISO TC211]) è il comitato tecnico ISO che dal 1994 si occupa di standard per le informazioni geografiche e la geomatica; attualmente gli standard pubblicati della serie 19100 sono oltre 30; altri documenti sono in corso di elaborazione o di approvazione. Le specifiche OGC di tipo abstract sono progressivamente sostituite dagli standard ISO della serie 19100.

2.3.2.CEN/TC287

Il **CEN**, o **European Committee for Standardization**, è un ente normativo che ha lo scopo di armonizzare e produrre norme tecniche (EN) in Europa in collaborazione con enti normativi nazionali e sovranazionali quali per esempio l'ISO.

Fondato nel 1961, lavora in accordo alle politiche dell'Unione Europea e dell'EFTA (associazione europea di libero scambio) per favorire il libero scambio, la sicurezza dei lavoratori e dei consumatori, la protezione dell'ambiente, eccetera.

Gli standard europei prodotti dal CEN sono normalmente armonizzati e adattati dai singoli paesi che li accolgono come per esempio l'UNI in Italia.

Il TC 287 è il Technical Committee CEN ([CEN TC287]) che si occupa di informazioni geografiche e di produrre standard e linee guida a livello europeo per specificare una metodologia per la definizione ed il trasferimento di servizi e dati geografici ([Cipriano]) ([Vico]) ([Wiki]).

2.4.INSPIRE

INSPIRE (acronimo per *Infrastructure for Spatial Information in Europe* – Infrastruttura per l'Informazione Territoriale in Europa) ([INSPIRE]) è un progetto della Commissione Europea che ha l'obiettivo di standardizzare la realizzazione delle infrastrutture di dati territoriali

nella Comunità Europea.

INSPIRE è stato avviato con una Direttiva (2007/2/EC del 14 marzo 2007) del Parlamento Europeo e del Consiglio con l'obiettivo di essere un supporto alla stesura di politiche che possono avere un impatto diretto o indiretto sull'ambiente e si basa sulla interoperabilità delle infrastrutture di dati spaziali creati dagli Stati membri. Questa direttiva europea è entrata in vigore il 15 maggio 2007.

L'intenzione della Direttiva è di creare un quadro giuridico per la realizzazione e l'attivazione di un'infrastruttura per l'informazione territoriale in Europa, al fine di formulare, attuare, monitorare e valutare le politiche comunitarie a vari livelli e di fornire informazioni ai cittadini. Tra gli obiettivi principali della direttiva INSPIRE figura la possibilità di rendere disponibile una quantità di dati maggiore e di qualità più elevata ai fini dell'elaborazione delle politiche comunitarie e della loro attuazione negli Stati membri a qualsiasi livello. La direttiva è incentrata in particolare sulla politica ambientale, ma in futuro ci si aspetta che possa essere estesa ad altri settori come l'agricoltura, i trasporti e l'energia.

Ogni Stato dell'Unione Europea deve implementare una sua *Infrastruttura di Dati Territoriali* (IDT) nazionale, coordinando quelle di livello sub-nazionale.

Ogni IDT nazionale costituirà un "nodo" dell'Infrastruttura europea, e dovrà mettere a disposizione dati geografici, metadati e servizi:

- *dati geografici*: sono quelli indicati negli allegati della direttiva, suddivisi per categorie; i primi in ordine di priorità saranno: sistemi di coordinate, sistemi di griglie geografiche, nomi geografici (toponimi), unità amministrative, indirizzi, parcelle catastali, reti di trasporto, idrografia, siti protetti;
- *metadati*: dovranno riguardare sia i dati che i servizi;
- *servizi*: si intendono web service e applicazioni informatiche per la ricerca dei dati disponibili (attraverso i relativi metadati, es. OGC Catalogue Service), per la consultazione (es. OGC Web Map Service), per lo scarico di copie di dati (es. OGC Web Feature Service), per la conversione (es. OGC Coordinate Transformation), nonché servizi per richiamare altri servizi (*service chain*).

I servizi di ricerca e di navigazione dovranno essere gratuiti, ma i singoli Stati potranno

legiferare altrimenti, permettendo eventualmente che vengano applicate delle tariffe. Ogni Stato membro dovrà inoltre fornire l'accesso ai servizi attraverso il geoportale INSPIRE. È facoltà dei singoli Stati realizzare o meno dei geoportali nazionali. INSPIRE prevede che, nel periodo 2006–2008, vengano definite le regole per realizzare le IDT nei vari paesi dell'Unione Europea. Queste regole sono dette *Implementing Rules* e sono finalizzate all'interoperabilità dei servizi ed all'armonizzazione delle informazioni geografiche in ambito europeo. Si tratta di documenti che faranno riferimento (non sono ancora state pubblicate) a standard e specifiche tecniche, e che verranno definiti anche a partire dalle esperienze di infrastrutture di dati territoriali già realizzate.

Tra gli standard considerati ci sono principalmente quelli del ISO/TC211 e dell'Open Geospatial Consortium.

Le bozze di *Implementing Rules* per INSPIRE (*metadata, data specification, network service, data sharing, monitoring and reporting*) sono in corso di pubblicazione ([Wiki]).

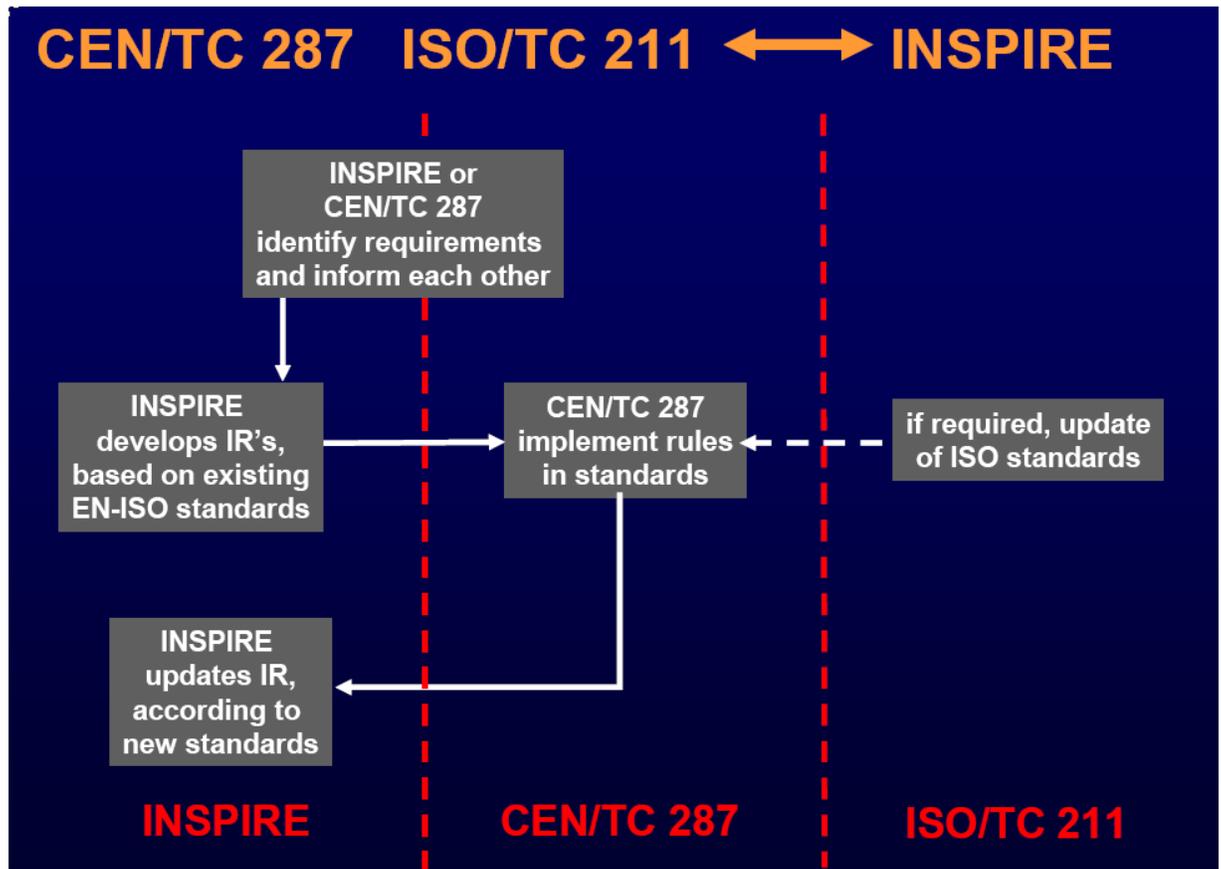


Figura 8 – Relazioni tra ISO, CEN ed INSPIRE

2.5. Gli standard OGC

Gli standard OGC più importanti sono:

- WMS – Web Map Service;
- WFS – Web Feature Service;
- WCS – Web Coverage Service;
- GML – Geography Markup Language;
- CSW – Catalogue Service for Web;
- CT – Coordinate Transformation;

- SFS – Simple Features – SQL;
- SLD – Styled Layer Descriptor;

Nel seguito descriveremo nel dettaglio i servizi OGC utilizzati nel progetto svolto nell'ambito di questa tesi, ovvero WMS, WFS e SLD.

2.5.1.WMS

Un **Web Map Service** (WMS) ([WMS]) parte da informazioni geografiche per produrre dinamicamente mappe di dati spazialmente riferiti. Lo standard prevede la definizione di una “mappa” come rappresentazione di informazioni geografiche restituendo un'immagine digitale generalmente in formato JPEG, GIF e PNG, occasionalmente in SVG (Scalable Vector Graphics) o Web Computer Graphics Metafile (WebCGM) ([WIKI]).

Le operazioni definite nello standard sono:

- **GetCapabilities**: restituisce un documento XML che contiene i metadati dei servizi formattato secondo un'XML schema. La risposta elenca: i metadati, le richieste supportate, l'elenco dei layer, con lo stile di default e l'elenco dei sistemi di riferimento in cui possono essere restituiti. L'elenco dei layer è gerarchico, si può definire un layer padre astratto che contiene definizioni comuni ai layer figli. Inoltre restituisce l'estensione territoriale massima della mappa e l'estensione territoriale di ciascun layer.
- **GetMap**: restituisce una mappa dati i parametri dimensionali e geografici. La richiesta contiene un elenco di layer da visualizzare, un elenco di stili (può essere vuoto per adottare gli stili di default), l'area da visualizzare, la dimensione dell'immagine, il formato di immagine restituito, il colore di sfondo, l'eventuale trasparenza dell'immagine. Lo standard base richiede di supportare le richieste http di tipo GET. Alcuni map server implementano anche richieste di tipo POST (per richieste molto lunghe/complesse).
- **GetFeatureInfo** (opzionale): restituisce informazioni sugli oggetti della cartografia visualizzata. Permette di realizzare un tool “info”, ovvero sapere cosa c'è in un determinato punto. Si possono interrogare solo i layer con queryable=”true” nella risposta di GetCapabilities. Le risposte possono essere formattate in vari formati, puro

testo, HTML , xml,... I layer di tipo raster al momento non sono interrogabili.

Le operazioni sono invocate dai client usando un URL che supporti il protocollo HTTP il cui contenuto varia in funzione dell'operazione richiesta. Qualora due o più mappe siano prodotte con gli stessi parametri geografici e di dimensione dell'immagine, i risultati possono essere sovrapposti per produrre una mappa composita. L'uso di formati che supportano la trasparenza (GIF o PNG per esempio) permette di visualizzare le parti di mappa sottostanti; inoltre mappe diverse possono essere richieste a differenti server. In questa maniera il Web Map Service abilita la creazione di una rete di server cartografici che l'utente può utilizzare per costruire mappe personalizzate. Il WMS può invocare anche una rete di server cartografici per soddisfare la richiesta del client di invocare mappe da server diversi, in modo da ricostruirsi la propria mappa personalizzata.

Si possono distinguere due tipologie il **basic WMS** (che implementa le prime due operazioni) ed il **queryable WMS** (che implementa anche l'operazione GetFeatureInfo opzionale).

2.5.2.WFS

Un **Web Feature Service** (WFS) ([WFS]) contiene una serie di interfacce per la descrizione delle operazioni di manipolazione e recupero dati geografici, utilizzando l'HTTP come mezzo di scambio. Le operazioni che un WFS deve essere in grado di eseguire possono essere riassunte in:

- Creare nuove features;
- Cancellare features;
- Aggiornare features;
- Recuperare features utilizzando operatori spaziali.

Un servizio WFS di base garantisce la selezione di features sulla mappa; un servizio WFS transazionale (WFS-T) permette anche la creazione, la cancellazione e la modifica/aggiornamento delle features. Nel seguito ci riferiremo ai WFS non-transactional. La richiesta effettuata ad un WFS consiste nella descrizione di una query o di un'operazione di trasformazione da applicare ad una o più feature. La richiesta è generata

lato client ed inviata via HTTP. Il WFS riceve la richiesta e si prepara alla risposta. I requisiti di un servizio WEB di questo tipo sono:

1. Interfaccia definita in XML.
2. All'interno dell'interfaccia le features devono essere espresse in GML.
3. Il WFS deve essere in grado di restituire feature codificate in GML.
4. Il predicato usato nelle interrogazioni deve essere definito in XML.
5. Il database che contiene le features deve essere trasparente per i client, l'accesso ai dati deve avvenire solo tramite interfaccia.
6. Per referenziare le proprietà delle feature deve essere utilizzato un sottoinsieme delle specifiche XPath.

Feature Geografiche

Lo stato di un oggetto (feature) è descritto da un insieme di proprietà individuate mediante la tupla (nome, tipo, valore). Per feature geografica si intende un oggetto che possiede una proprietà con valore geometrico. Questo naturalmente implica che è possibile specificare feature che non hanno campi di tipo geometrico. Per le features geografiche le geometrie ammissibili sono ristrette alla categoria delle geometrie semplici. Una geometria semplice è caratterizzata da coordinate espresse in 2 dimensioni ed il contorno è ottenuto tramite un'interpolazione lineare. Le tradizionali geometrie 0, 1 e 2-dimensionali, definite in uno spazio di riferimento bi-dimensionale, sono rappresentate da punti, spezzate e poligoni. In aggiunta, il modello OGC considera geometrie valide le collezioni di geometrie sia omogenee: multipunto, multi-linea e multi-poligono che eterogenee. In ultimo il GML introduce feature che hanno proprietà non geometriche di tipo complesso o aggregato.

Richiesta

La richiesta dal client va processata secondo un protocollo ben definito, schematicamente potremmo avere:

- Un client che richiede un documento di specifica dal WFS (GetCapabilities). In questa specifica il WFS elenca le descrizioni delle operazioni che esso supporta e la lista delle

feature che esso può servire;

- Il client richiede al WFS per la descrizione di una o più feature che il servizio gestisce (DescribeFeatureType);
- Data la descrizione del tipo di una feature, il client genera una richiesta (GetFeatures);
- La richiesta è inviata al Web Server;
- La richiesta è passata al WFS;
- Quando il WFS ha processato la richiesta, genera una risposta che viene inviata al client.

Operazioni

Le operazioni che un WFS deve implementare sono le seguenti:

- **GetCapabilities**: il servizio deve essere capace di descrivere le proprie capacità. Specificatamente, deve indicare quali feature può servire e quali sono le operazioni supportate.
- **DescribeFeatureType**: un servizio deve essere capace, su richiesta, di descrivere la struttura di ogni feature che esso gestisce.
- **GetFeature**: un servizio deve essere in grado di servire richieste di recupero di istanze di feature. Inoltre il client dovrebbe essere in grado di specificare quali proprietà recuperare e specificare vincoli spaziali e non.

Nel seguito verranno descritti i servizi di base del WFS per capire come dovrà essere strutturata la richiesta in base alle capacità del servizio.

Numerazione della versione e negoziazione

La versione del WFS è espressa da tre interi positivi separati da un punto, tipo: X.Y.Z. Un client può negoziare con una istanza del servizio per determinare mutuamente a quale versione è conforme il servizio. La negoziazione è compiuta usando la GetCapabilities. La risposta ad una GetCapabilities contiene un numero di versione, il servizio deve rispondere con una risposta conforme a quella versione, altrimenti il server deve

rispondere con il più alto numero di versione che conosce.

Regole generali per la richiesta HTTP

Ad oggi l'unica piattaforma di catalogo distribuito (DCP, Distributed Computing Platform) esplicitamente supportata dai Web Services OGC è il Word Wide Web stesso, o più specificatamente, host internet che implementano l'http. Ciascuna istanza del servizio viene localizzata da una URL univoca. L'http supporta due metodi di richiesta: GET e POST.

Elementi comuni

Ogni istanza di una feature su cui un WFS può operare deve essere identificabile univocamente. Gli identificatori delle features sono descritti dallo standard OGC Filter Encoding Implementation Specification. Dallo schema un'ipotetica applicazione client riesce a riconoscere la strutture della feature e quindi a riformulare richieste valide, riuscendo quindi ad avere dei riferimenti validi alla feature e/o alle sue singole proprietà.

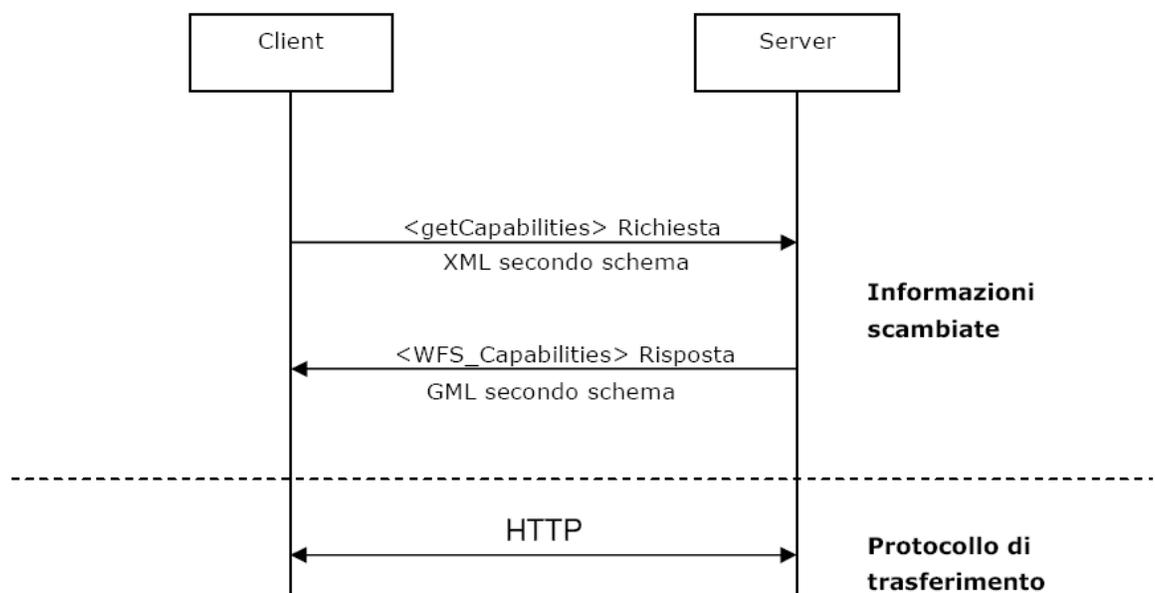


Figura 9 – Esempio di comunicazione wfs

2.5.3.SLD

Styled Layer Descriptor (SLD) ([SLD]) è una sofisticata specifica OGC per la vestizione di layer vettoriali e raster. E' molto flessibile, anche se nella sua generalità risulta di difficile comprensione e non ha sintassi semplificate per i tipi di rendering più comuni. Una volta presa padronanza dello strumento si possono realizzare styling piuttosto sofisticati .Si tratta di documenti XML, nei quali vengono riusate le specifiche OGC GML e Filter. Un sld può essere associato ad un WMS per definire lo stile di rendering da associare alle feature di un layer. L'SLD può essere utilizzato sia nella fase di catalogazione del layer all'interno di un map server (ad. es. GeoServer), sia nelle richieste GetMap inviate dai client di consultazione. Il map server deve ovviamente implementare lo standard WMS oltre allo standard SLD.

Struttura di un SLD

Di seguito si descrivono gli elementi di base dello schema SLD. La figura seguente mostra le relazioni che intercorrono tra gli elementi UserStyle.

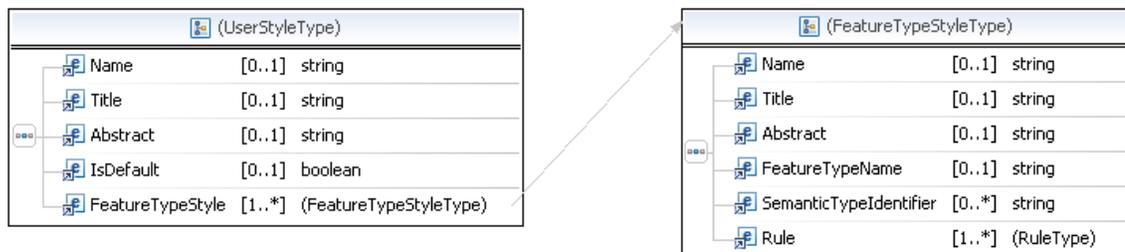


Figura 10 – SLD UserStyle e FeatureTypeStyle

Per rappresentare uno stile è necessario che venga definito un *NamedLayer* con un elemento *UserType* come figlio; lo *UserType* deve contenere un *FeatureTypeStyle* : ad ogni *FeatureType* viene applicata in sequenza una o più regole (*Rule*).

La figura seguente mostra le relazioni che intercorrono tra gli elementi *Rule*, *Filter*.

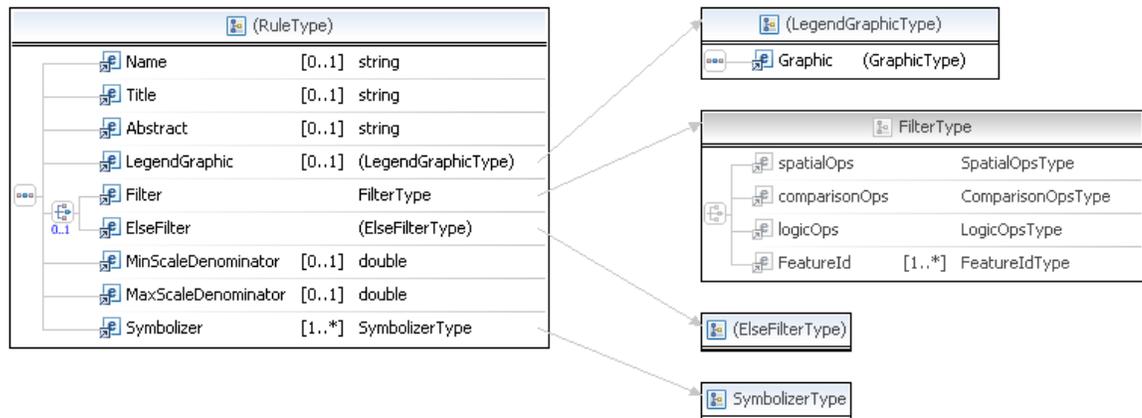


Figura 11 – SLD Rule e Filter

Ogni *Rule* descrive come rappresentare le Feature che soddisfano un certo filtro OGC, in un certo intervallo di scale. Un *Rule* può contenere un *Symbolizer*, il quale contiene le informazioni di rappresentazione delle feature. I *Symbolizer* possono essere *LineSymbolizer*, *PolygonSymbolizer* o *PointSymbolizer*. Un *LineSymbolizer* si applica solo ai tipi lineari (*linestring*, *multilinestring*, *ring*), un *PolygonSymbolizer* si applica ai tipi poligonali (*polygon*, *multipolygon*, *ring*) ed un *PointSymbolizer* si applica ai tipi puntuali. La figura sottostante mostra le relazioni tra gli elementi *Symbolizer* e *Geometry*.

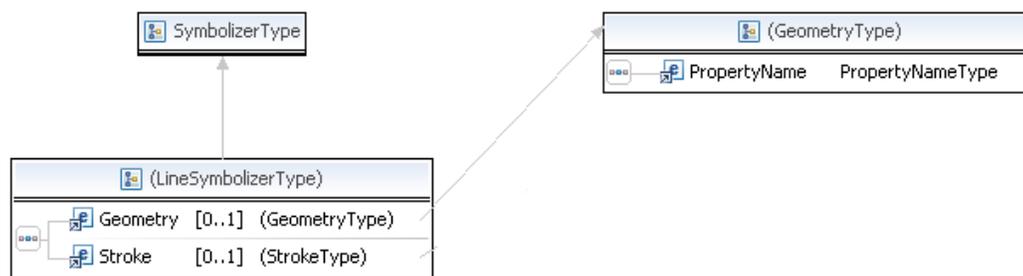


Figura 12 – SLD Line Symbolizer

Per definire lo stile del tratto di una linea o di un poligono si usa l'elemento *Stroke*. Il tratto può essere semplice o grafico. Un stroke è composto da proprietà css:

- color, width, opacity (elementi base);
- lineJoin, lineCap (fine linea e congiunzioni);

- `dashArray`, `dashOffset` (per definire stili a tratti).

Per definire lo stile del punto si può scegliere tra le seguenti tipologie: `mark`, `cerchio`, `quadrato`, ecc. o con un file esterno `png`, `gif`, `svg`, ecc. La figura seguente mostra le relazioni tra l'elemento `Stroke` e gli stili applicabili.

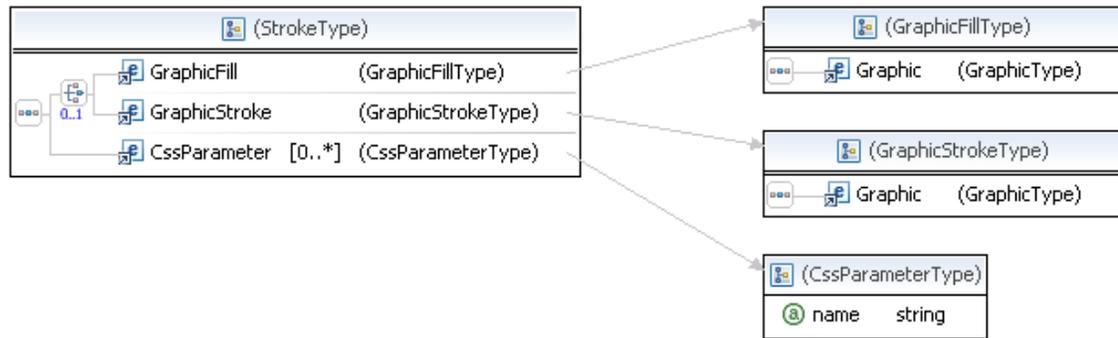


Figura 13 – SLD Stroke e Graphic

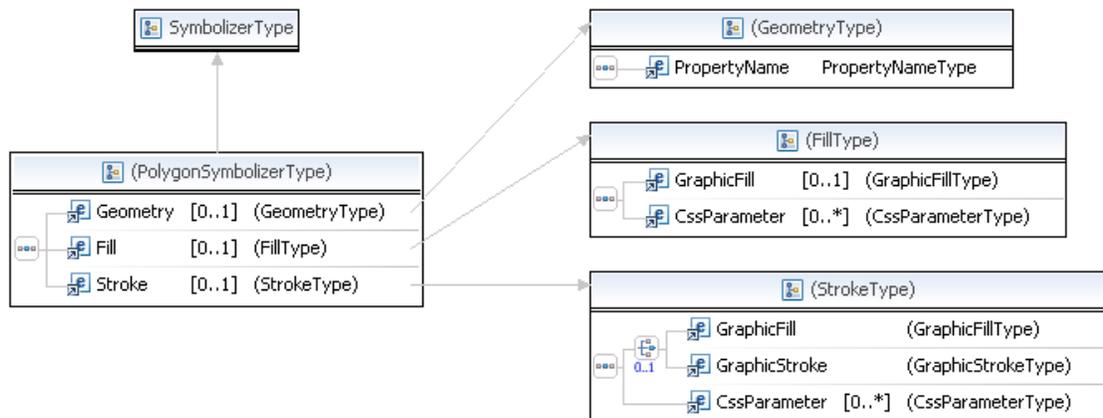


Figura 14 – SLD Polygon Symbolizer

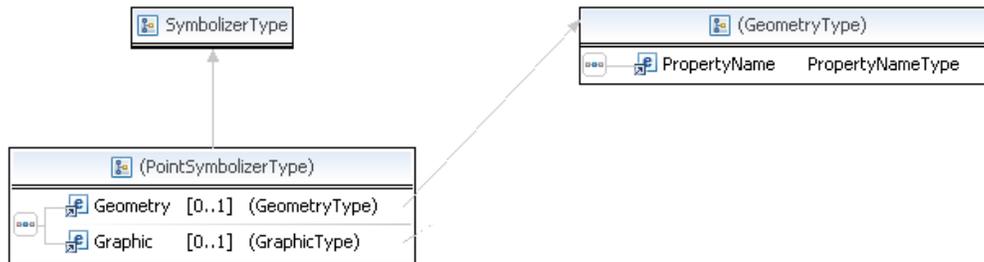


Figura 15 – SLD Point Symbolizer

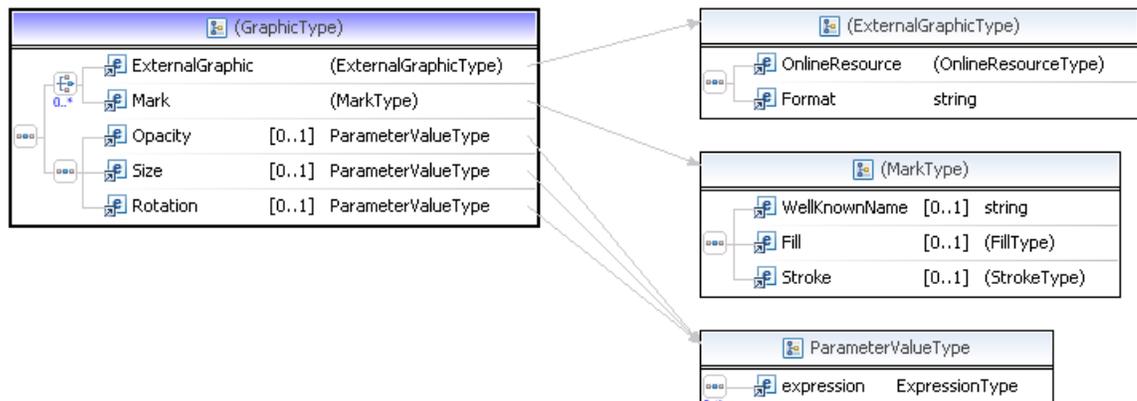


Figura 16 – SLD, Stili applicabili ad un punto

Il *TextSymbolizer* si applica a tutti i tipi di geometria, il testo viene posizionato sul centroide che viene calcolato automaticamente. Da notare che l'etichetta può essere un attributo o il risultato di una espressione complessa (calcoli, concatenazioni di stringhe). Quando si definisce un *TextSymbolizer* viene specificato il campo da etichettare nel tag *Label*.

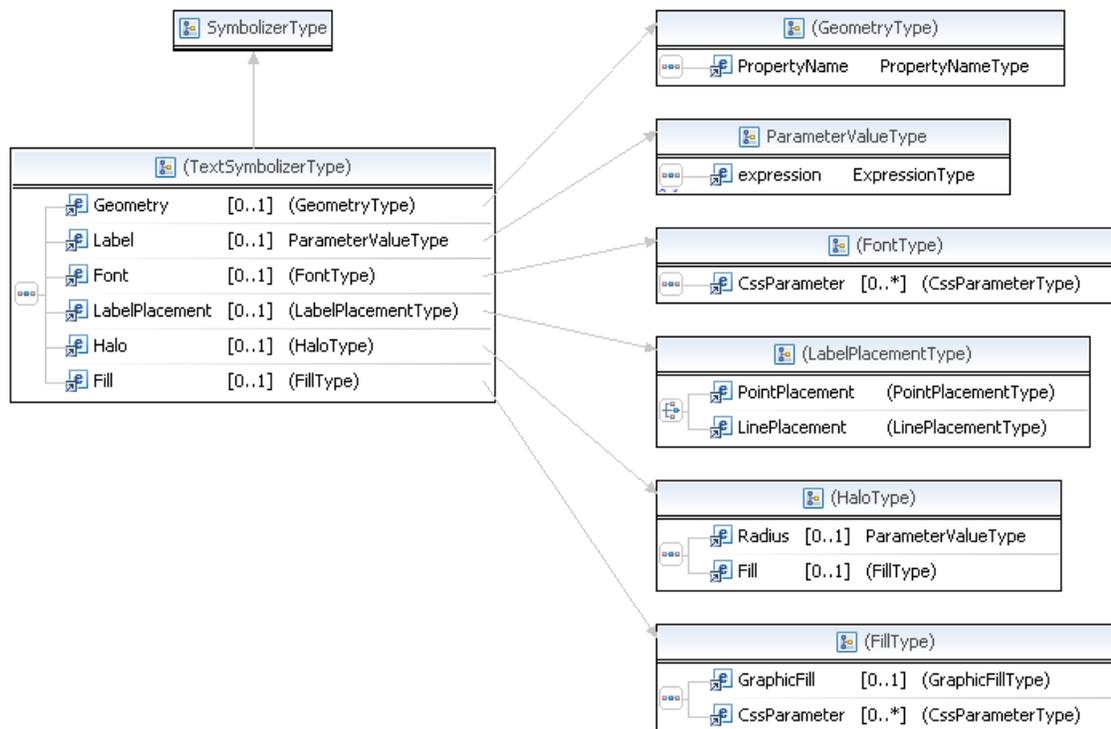


Figura 17 – SLD TextSymbolizer

Creazione di un SLD

Per creare un file SLD si possono adottare varie strategie:

- usare un editor SLD capace di creare gli stili più comuni;
- usare un editor XML con supporto per XML schema, in grado di creare uno scheletro di partenza e di autocompletare il codice;
- partire da esempi già fatti e effettuare piccole modifiche.

L'esempio sottostante indica una semplice linea *LineStyle*, il cui colore è definito come in HTML all'interno del tag *Stroke*, e con spessore 2. Si applica a qualunque feature type, poiché non ne abbiamo specificato un nome.

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<StyledLayerDescriptor version="1.0.0"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld StyledLayerDescriptor.xsd"
  xmlns="http://www.opengis.net/sld"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">

  <NamedLayer>
    <Name>Default Line</Name>
    <UserStyle>
      <FeatureTypeStyle>
        <Rule>
          <LineSymbolizer>
            <Stroke>
              <CssParameter name="stroke">#AA3333</CssParameter>
              <CssParameter name="stroke-width">2</CssParameter>
            </Stroke>
          </LineSymbolizer>
        </Rule>
      </FeatureTypeStyle>
    </UserStyle>
  </NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```



Figura 18 – SLD LineSymbolizer

Nell'esempio seguente si è applicato alla linea anche un *TextSymbolizer* specificando il font, la dimensione e lo stile del carattere.

```

...
<FeatureTypeStyle>
  <Rule>
    <LineSymbolizer>
      <Stroke>
        <CssParameter name="stroke">#50B050</CssParameter>
        <CssParameter name="stroke-width">2</CssParameter>
      </Stroke>
    </LineSymbolizer>
    <TextSymbolizer>
      <Label>
        <ogc:PropertyName>TYPE</ogc:PropertyName>
      </Label>
      <Font>
        <CssParameter name="font-family">Times New Roman</CssParameter>
        <CssParameter name="font-size">16</CssParameter>
        <CssParameter name="font-weight">bold</CssParameter>
      </Font>
      <LabelPlacement>
        <LinePlacement>
          <PerpendicularOffset>5</PerpendicularOffset>
        </LinePlacement>
      </LabelPlacement>
    </TextSymbolizer>
  </Rule>
</FeatureTypeStyle>
...

```



Figura 19 – SLD TextSymbolizer

La figura seguente mostra un esempio di ogc filter associato ad un line symbolizer. Il filter fa sì che la simbologia sia applicata solo alle feature che rispettano la condizione

individuata dal filter ([SLD 1]) ([SLD 2]).

```

<Rule>
  <ogc:Filter>
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>TYPE</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>highway</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
  </ogc:Filter>
  <LineSymbolizer>
    <Stroke>
      <CssParameter name="stroke">#444444</CssParameter>
      <CssParameter name="stroke-width">8</CssParameter>
      <CssParameter name="stroke-linecap">round</CssParameter>
    </Stroke>
  </LineSymbolizer>
  <LineSymbolizer>
    <Stroke>
      <CssParameter name="stroke">#999999</CssParameter>
      <CssParameter name="stroke-width">4</CssParameter>
      <CssParameter name="stroke-linecap">round</CssParameter>
    </Stroke>
  </LineSymbolizer>

```

The figure illustrates a map with various road types and their corresponding SLD styling. The map shows a network of roads, including logging roads, gravel roads, alleys, lanes, and highways. The highways are highlighted with a thick grey line, while other roads are shown with thinner lines. A legend below the map shows the styling for these road types, including stroke color, stroke width, and stroke linecap.

Figura 20 – SLD, esempio di filter

3. Free Software e GIS

Questo capitolo intende descrivere i software free e open source disponibili per le applicazioni gis. Dopo avere definito il concetto di *Free Software* e di *Open Source*, si definirà il concetto di WebGis e di Map Server. Infine verranno presentati GeoServer, il map server utilizzato per la produzione e l'interrogazione delle mappe, e OpenLayers, la libreria di API Javascript utilizzata come base per implementare i componenti del progetto.

3.1. Free Software

La parola free nel termine **Free Software** non si riferisce al concetto di valore monetario, ma deriva il suo significato dall'idea di libertà. Da questo punto di vista, il termine Free Software è definito dalle seguenti quattro libertà:

1. la libertà di eseguire il programma, per ogni scopo;
2. la libertà di studiare come il programma funziona, e adattarlo alle proprie esigenze;
3. la libertà di ridistribuire copie del programma in modo da aiutare chi ci sta intorno;
4. la libertà di migliorare il programma, e rilasciare i miglioramenti al pubblico, così che tutta la comunità ne tragga benefici.

Un programma è definito come Free Software solo quando fornisce all'utente queste quattro libertà, altrimenti è definito non libero o proprietario. In questa tesi, l'uso della parola *Free* denota il software che ha le caratteristiche elencate in precedenza.

Nel 1985 Richard Stallman ha fondato la *Free Software Foundation* (FSF) ([FSF]) con l'obiettivo di portare avanti il concetto di Free Software. Il Free Software non proibisce l'uso commerciale dei programmi (come stabilisce la regola 1). In realtà, uno studio di mercato condotto dalla commissione dell'europarlamento nel 2007 ha mostrato la rilevanza economica dei modelli di business basati sul Free Software e sull'Open Source.

3.1.1. Free Software e Open Source

Free Software non è sinonimo di **Open Source**. Il termine Free Software è spesso

interpretato erroneamente, perché *Free* è inteso in termini di prezzo, non di libertà. Questa confusione è stata una delle ragioni per cui la **Open Source Initiative** (OSI) ([OSI]) ha iniziato ad usare il termine Open Source piuttosto che Free Software. Il principale obiettivo di questa campagna di marketing era quello di promuovere la commercializzazione e l'accettazione del Free Software nel settore business. Questa iniziativa ha comportato anche un allontanamento dalle idee e dai principi filosofici che stanno dietro al free software, e ha enfatizzato piuttosto i vantaggi tecnici dell' Open Source. Visto da questo punto di vista, l'Open Source si riferisce solo all'accesso libero al codice sorgente, che è sicuramente un criterio più debole rispetto ai concetti che stanno alla base del Free Software.

3.1.2. Categorie di Licenze Software

Le licenze software sottolineano il diritto di un utente ad usare il software. La licenza Free Software è una di quelle che conferisce espressamente le libertà sottolineate nel paragrafo introduttivo di questo capitolo. Le licenze Free Software sono tuttavia altrettanto vincolanti quanto quelle sul software proprietario. Le condizioni di licenza si applicano nel momento in cui un software è distribuito (con o senza modifiche).

E' possibile classificare le licenze Free Software in 4 categorie:

1. *Protezione forte.*

La licenza obbliga a distribuire il software alle stesse condizioni della licenza del software originario. Un esempio di questa licenza è la **GNU GPL** (*General Public License*).

2. *Protezione Debole.*

Il software può essere utilizzato all'interno di software proprietario, tuttavia il codice free utilizzato deve restare libero. Un esempio di questa licenza è la **GNU LGPL** (*Lesser General Public License*).

3. *Nessuna Protezione.*

Il software può essere distribuito senza preservare il codice free utilizzato o le libertà del Free Software; inoltre può essere utilizzato anche per sviluppare software proprietario. Un esempio di questa licenza è la **X11**, modificata in seguito in **BSD** (*Berkeley Software*

Distribution) ([BSD]).

4. *GPL Non-Compatibile o Sbilanciata.*

Include tutte le altre licenze Free Software, ovvero quelle che non rientrano nei criteri 1,2,3. Un esempio di licenza di questo tipo è la *Netscape Public License*.

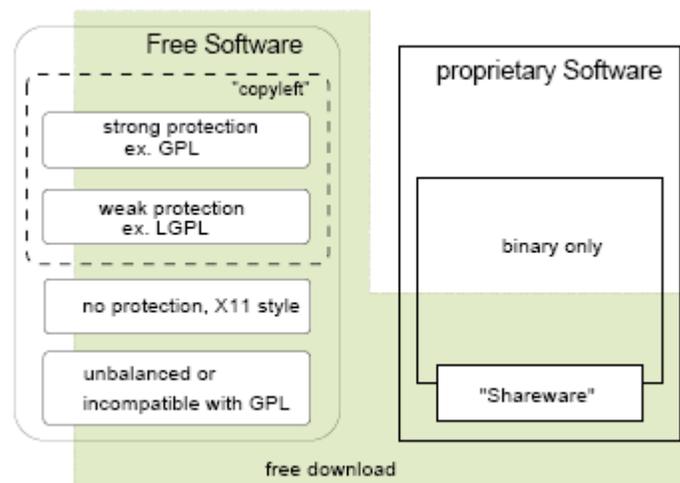


Figura 21 – Categorie di licenze software

I software che ricadono nelle condizioni di licenza dei primi tre punti della lista sono protetti dalle licenze più forti. Le licenze *Free Software* protette sono anche chiamate **Copyleft**. *Copyleft* significa che tutti quelli che distribuiscono il software (con o senza modifiche) danno agli altri utenti il diritto di distribuire o modificare il software a loro volta. *Copyleft* quindi garantisce i diritti di tutti gli utenti. Il progetto GNU descrive e compara le differenze tra *Copyleft* e *Copyright* nei seguenti termini:

“gli sviluppatori di software proprietario usano il *Copyright* per limitare la libertà degli utenti mentre noi la garantiamo. Come risultato noi abbiamo cambiato il termine *Copyright* in *Copyleft* per illustrare questa differenza ([Schuetze]).

3.2. Free Software e GIS

Ad oggi esiste una buona quantità di programmi di alta qualità per GIS rilasciati con licenze libere. Oltre a GRASS, di cui si è parlato nel paragrafo 2.2, ci sono molti altri programmi come, il desktop GIS QGIS per visualizzare ed elaborare dati o i server di mappe Mapserver, Deegree e GeoServer, compatibili con gli standard OGC. Piuttosto che fare un elenco che sarebbe per forza di cose parziale, vale la pena segnalare le comunità di utenti e sviluppatori più attive, utili intermediari per conoscere un mondo di software privo di reparti vendite e agenti commerciali.

- **FreeGIS** ([FreeGIS]), lanciato nel 1999 dall'azienda tedesca Intevation, punta a promuovere la libertà nell'ambito dei GIS. Cerca di raggiungere i suoi scopi attraverso l'uso, lo sviluppo e il supporto del software libero GIS e tramite l'uso e lo sviluppo di dati geografici disponibili pubblicamente con le stesse condizioni del software libero. Il progetto mette a disposizione: un sito web in cui sono catalogati molti programmi utili con informazioni addizionali, un ottimo motore di ricerca e una lista di discussione.
- **Gfoss** (*Geospatial Free Open Source Software Italia*) ([GFOSS]), un gruppo italiano informale che ha attivato un sito web e una lista di discussione animata da professionisti e ricercatori competenti su varie piattaforme libere tra cui GRASS, QGIS e PostGIS.
- **OSGeo** (Open Source Geospatial Foundation) ([OSGEO]), La fondazione attiva dal 2006 è stata creata con l'obiettivo di supportare e sviluppare software geospaziale di alta qualità, supportare la formazione (rilascia anche un GFOSS Core curriculum) e diffondere geodati pubblici. Come obiettivo ha l'uso e lo sviluppo collaborativo di progetti, fornendo supporto legale, finanziario e amministrativo ad una più ampia comunità. Sotto il cappello di OSGeo si trovano già importanti progetti come GRASS, GDAL/OGR, MapServer e MapGuide, OpenLayers, il software libero prodotto da Autodesk ([Maffulli]).

3.3. WebGis

Le applicazioni WebGis permettono la distribuzione di dati geo-spaziali, in reti internet e intranet, sfruttando le analisi derivanti dai software GIS. Un sistema web-gis si basa su normali funzionalità Client-server, come una classica architettura Web. Il client è un qualsiasi browser, come ad esempio Mozilla Firefox, il lato server consiste in Web-server (ad esempio Apache) o un Application Server (ad esempio Tomcat) e un Map Server (ad esempio UMN Mapserver) che si occupa di fornire le funzionalità di visualizzazione/interrogazione per l'interpretazione di dati georeferenziati.

Possiamo schematizzare il processo di funzionamento di un WebGIS nel seguente modo:

- l'utente, tramite un'apposita interfaccia web, invia dal proprio client mediante un generico browser una richiesta nella quale è definita l'area di interesse (estensione geografica della zona da visualizzare) e i contenuti a cui si vuole accedere (elenco dei layer di interesse);
- in base ai dati ricevuti il Map Server accede al proprio archivio e recupera le informazioni richieste estraendo la porzione di territorio specificata;
- sono quindi generate una o più immagini che saranno inviate al client.

In modo simile avviene l'interrogazione dei dati: in questo caso il client invia al Map Server una coppia di coordinate (nel caso di interrogazione puntuale) o un insieme di coordinate per definire una regione ed il server interroga gli attributi degli oggetti cartografici presenti nella zona di interesse, restituendo un report con i valori estratti ([WebGis]).

3.4. GeoServer

GeoServer ([GeoServer]) è un map server open source, distribuito sotto licenza GNU GPL. E' basato sulla libreria open source *GeoTools* ([GeoTools]), una libreria di oggetti Java che fornisce metodi standard per manipolare dati geografici. GeoServer implementa lo standard WFS nelle versioni 1.0.0 e 1.1.0 e lo standard WMS 1.1.1 e permette di pubblicare, gestire e consultare dati di carattere geografico-spaziale contenuti catalogati in diversi formati (shapefile, postgis, oracle spatial, ecc..).

Una delle caratteristiche più interessanti è che si tratta di una soluzione altamente portabile: il server è multiplatforma, in quanto scritto in Java e basato su GeoTools e in più i dati geospaziali possono essere contenuti in database differenti come PostGIS, Oracle DB, ArcSDE, DB2 o, pur se non ancora in maniera stabile, in MySQL.

GeoServer è certificato dall'Open Geospatial Consortium (OGC), quindi garantisce una piena interoperabilità. Inoltre GeoServer è in grado di generare in uscita diversi formati di file, come JPG, PNG, SVG, PDF, GeoRSS, e KML, il formato di interscambio di dati utilizzato da Google Earth.

3.5.OpenLayers

OpenLayers ([OpenLayers]) è una libreria JavaScript open source che fornisce delle API per visualizzare dati cartografici all'interno di pagine web. È stato inizialmente sviluppato da MetaCarta, una software house americana, ed in seguito rilasciato sotto una licenza di tipo BSD (Clear BSD) che ne permette anche un uso commerciale.

Attualmente la comunità conta su una decina di sviluppatori autorizzati al commit del codice sul repository principale del progetto ed una dozzina di sviluppatori che contribuiscono con patch e proposte.

E' anche presente un comitato guida (*Steering Committee*), formato da 7 persone, che si occupa di votare le decisioni più importanti.

La prima versione di OpenLayers è stata rilasciata all'inizio del 2006; la versione disponibile al momento in cui scriviamo è la 2.5 (Ottobre 2007). OpenLayers costituisce un framework, il cui principale obiettivo è separare gli strumenti di mapping dai dati cartografici, in maniera da poter operare sulla più grande varietà possibile di fonti dati. La libreria fornisce il supporto a standard OGC WMS, WFS, SLD ed altri.

Le sue principali caratteristiche sono le seguenti:

- Supporto a notevoli fonti dati (WMS, WFS, GeoRSS, TMS, Google, Yahoo, Microsoft, Multimap, WorldWind, kaMap);
- Visualizzazione di elementi puntuali attraverso marker e popup;
- Tiling della mappa per aumentare le prestazioni di navigazione;

- API per integrare mappe dentro ad applicazioni web;
- Possibilità di estendere gli oggetti definiti.

OpenLayers fa uso inoltre dei seguenti framework open source:

- *Rico* ([Rico]). Fornisce funzionalità tra cui principalmente drag & drop ed effetti di animazione;
- *Prototype* ([Prototype]). Semplifica la gestione delle richieste AJAX e facilita l'utilizzo degli oggetti DOM;
- *Test.AnotherWay* ([TAW]). Permette di generare delle unità di test per ogni classe e metodo, in modo da facilitare lo sviluppo e l'evoluzione della libreria.

La documentazione su classi, proprietà e metodi è scritta in *NaturalDocs* ([Ndocs]), un generatore automatico di documentazione del codice sorgente. La libreria OL (alla versione 2.5) contiene circa un centinaio di oggetti. Nelle pagine web, per ridurre i tempi di caricamento, viene utilizzata una versione compressa (OpenLayers.js) del peso di circa 300 Kb.

4. Usabilità

In questo capitolo si spiegherà il concetto di Smart Map Browsing e le caratteristiche di usabilità che lo definiscono. In seguito si valuterà il grado di usabilità delle funzioni che sono disponibili in tutti i webgis free, suddividendole in componenti GUI e funzioni di Pan/Zoom.

4.1. Smart Map Browsing

Il termine **Smart Map Browsing** viene utilizzato per indicare l'usabilità delle applicazioni webgis. L'usabilità è definita dall'ISO come l'efficacia, l'efficienza e la soddisfazione con le quali determinati utenti raggiungono determinati obiettivi in determinati contesti. In pratica definisce il grado di facilità e soddisfazione con cui l'interazione uomo-strumento si compie.

Smart Map Browsing è un termine recentemente introdotto nella letteratura. E' stato utilizzato per la prima volta da Emanuel Schuetze, uno sviluppatore di Intevation (vedi paragrafo 3.2). Schuetze arriva alla definizione di Smart Map Browsing dopo uno studio comparativo sulla usabilità di alcuni software webgis free. Lo Smart Map Browsing viene quindi definito basandosi sullo standard ISO di usabilità:

“lo Smart Map Browsing descrive l'usabilità di una applicazione webgis in termini di efficacia, efficienza e soddisfazione per l'utente.

Le caratteristiche dello Smart Map Browsing sono definite da una varietà di elementi autoesplicativi e di funzioni interattive che mostrano le proprietà attese - esse definiscono l'applicazione webgis ideale, user-friendly, prendendo in considerazione le tecnologie più recenti a disposizione degli utenti” ([Schuetze]).

Prendendo spunto da questo studio comparativo, cercheremo di valutare il grado di usabilità di una applicazione webgis analizzando le funzionalità tipicamente disponibili in una applicazione di questo tipo. Nei prossimi paragrafi si descriveranno le funzioni

disponibili sulle applicazioni webgis e per ognuna di esse si daranno alcuni criteri di valutazione dell'usabilità. Le funzioni saranno suddivise in componenti GUI e funzioni di Pan/Zoom. Nel prossimo capitolo si vedrà come queste caratteristiche di usabilità sono state implementate nei componenti del progetto sviluppato per questa tesi.

4.2. Usabilità dei componenti GUI

4.2.1. Mappa di Sintesi

La **mappa di sintesi** (OverviewMap) indica con un rettangolo l'estensione territoriale della mappa principale. Caratteristiche di usabilità della mappa di sintesi sono la possibilità di effettuare Pan/Zoom direttamente su di essa, la possibilità di iconizzare la overview map e la possibilità di scegliere quali tematismi visualizzare su di essa.

4.2.2. Table Of Contents

Una **Table of Contents** (TOC) permette ad un utente di sovrapporre i layer da visualizzare sulla mappa e di spegnerli o accenderli. Un requisito di usabilità è quello di accendere il layer solamente cliccando una volta in corrispondenza del layer stesso, senza bisogno di selezionare il layer e cliccare su un nuovo pulsante per aggiornare la mappa. Una TOC può essere utilizzata insieme ad una legenda; in questo caso l'accensione/spegnimento di un layer deve provocare la visualizzazione corretta del tematismo corrispondente al layer che si è scelto di accendere o spegnere. Un ulteriore requisito di usabilità di una TOC è la possibilità di raggruppare i temi in gruppi, in modo da evitare di ottenere una lista molto lunga di layer, che costringe l'utente a scrollare di continuo in alto o in basso la TOC per modificare la visualizzazione dei temi. Infine un ultimo requisito di usabilità è rappresentato dalla possibilità di spostare i layer verso l'alto o verso il basso, modificando di conseguenza l'ordine di visualizzazione dei layer sulla mappa; questa caratteristica risulta molto utile in presenza di un numero elevato di temi sulla mappa: l'utente può scegliere di modificare l'ordine di visualizzazione dei temi, spostando verso il basso quelli che risultano essere "coprenti", ovvero che hanno una rappresentazione piena che copre

gli altri temi.

4.2.3.Toolbar

Una **Toolbar** tipicamente contiene i pulsanti di Pan/Zoom per la mappa e una serie molto variabile di altri pulsanti. I pulsanti tipicamente sono di due categorie:

- pulsanti che impostano una azione sulla mappa;
- pulsanti che non interagiscono con la mappa;

I pulsanti del primo tipo permettono all'utente di selezionare una azione da compiere sulla mappa; ad esempio si può selezionare la funzione di zoom per modificare l'estensione territoriale della mappa. I pulsanti del secondo tipo non impostano una azione sulla mappa, ma, se cliccati, invocano un servizio o una funzione che effettua un certo lavoro (ad esempio per esportare i dati della mappa in altri formati, o invocare un servizio esterno). Requisiti di usabilità per una toolbar sono gli effetti di "roll-over" su un pulsante, che cambia colore al passaggio del mouse, la visualizzazione di un tool tip al passaggio del mouse che mostra il nome della funzione associata al pulsante, la possibilità di aggiungere dinamicamente pulsanti alla toolbar. Un'altra caratteristica di usabilità è la possibilità di decidere se includere la toolbar all'interno della mappa o fuori dalla mappa.

4.2.4.ZoomBar

Una **ZoomBar** è un componente che permette di visualizzare i livelli di zoom della mappa. Caratteristiche di usabilità della ZoomBar sono la visualizzazione del livello di zoom corrente, la possibilità di passare al livello di zoom successivo o precedente (zoom più e meno), la possibilità di passare ad un altro degli n livelli di zoom, o cliccando con il mouse o spostando lo slider che indica il livello di zoom corrente. Un'altra caratteristica di usabilità è la possibilità di decidere in quale area della mappa inserire la ZoomBar. Una ulteriore caratteristica di usabilità è quella di scalare la mappa durante l'azione di trascinamento dello spider, piuttosto che al rilascio del mouse. Molto importante per

l'utente è la possibilità di comprendere velocemente il livello di zoom corrente indicato dalla ZoomBar.

4.2.5.Pan direzionali

L'operazione di Pan, ovvero di spostamento, è normalmente implementata mediante trascinamento della mappa. Molti client webgis permettono anche di aggiungere ai bordi della mappa dei pulsanti, tipicamente sotto forma di frecce, che se cliccati spostano la mappa in una direzione dello spazio. Altri client associano questa funzionalità alla ZoomBar. In generale è possibile affermare che i pulsanti a lato della mappa non hanno un grado di usabilità elevato, perché costringono l'utente a spostarsi con il mouse all'interno della pagina per effettuare il pan. Molto più usabile appare la possibilità di fare il pan da un componente associato alla ZoomBar oppure direttamente trascinando la mappa. Alcuni client webgis (come OpenLayers), presentano i pulsanti a lato della mappa come soluzione per l'accessibilità della mappa ai disabili: un utente disabile trae vantaggio dalla possibilità di cliccare su un pulsante per navigare sulla mappa, presumendo che abbia delle difficoltà con la funzione di trascinamento della mappa.

4.2.6.Scala

La visualizzazione della scala corrente della mappa è molto differente tra i vari client webgis e spazia dalla visualizzazione di una ScaleBar direttamente sulla mappa, alla visualizzazione del semplice valore numerico, a un menu box predefinito. Una caratteristica di usabilità del componente scala è la possibilità di scrivere il valore della scala in un input box in modo da permettere all'utente di modificare interattivamente la scala della mappa.

4.3. Usabilità delle funzioni Pan/Zoom

4.3.1. Zoom con doppio-click

Alcuni client webgis implementano la funzione di zoom in mappa con un click doppio del mouse. Questa funzionalità aggiunge usabilità alla navigazione perchè permette all'utente di passare dal pan allo zoom senza la necessità di selezionare la funzione di zoom dalla Toolbar o cliccare sulla ZoomBar.

4.3.2. Zoom con il mouse wheel

Molto interessante è la funzione che permette agli utenti di zoommare sulla mappa utilizzando la rotellina del mouse. Tipicamente la mappa resta centrata sulla posizione del cursore del mouse durante l'operazione di zoom. Anche questa funzione consente di passare dal pan allo zoom senza la necessità di selezionare la funzione di zoom dalla Toolbar o cliccare sulla ZoomBar, aggiungendo ulteriore usabilità alla navigazione della mappa.

4.3.3. Zoom con la zoom box

Quasi tutti i client webgis permettono di effettuare lo zoom disegnando un rettangolo sulla mappa. Una caratteristica di usabilità della zoom box è l'evidenziazione dell'area di zoom selezionata dall'utente. Alcuni client webgis permettono di accedere direttamente alla funzione di zoom tenendo premuto il pulsante shift della tastiera, consentendo ancora una volta di passare velocemente dal pan allo zoom della mappa senza la necessità di selezionare la funzione di zoom.

4.3.4. Zoom/Pan con la tastiera

Solo alcuni client webgis permettono di navigare la mappa con i pulsanti della tastiera. Alcuni client permettono di configurare i pulsanti con cui l'utente deve interagire per

navigare la mappa. Generalmente si tratta di funzioni poco usate dagli utenti.

4.3.5.Zoom reset

Una funzione standard in tutti i webgis è quella che permette di riposizionare in qualsiasi momento la mappa al livello di zoom iniziale. Alcuni client implementano questa funzione nella Toolbar, altri nella ZoomBar; in ogni caso questa è considerata una funzione standard che tutti i client dovrebbero avere.

4.3.6.Tiling

Una delle caratteristiche più importanti dello Smart Map Browsing è il tiling della mappa. Descriveremo nel seguito l'algoritmo di tiling utilizzato generalmente per dividere la mappa in tasselli; alcuni client webgis possono implementare l'algoritmo in modo differente, ma il processo generale resta comunque valido per comprendere il meccanismo di tiling. Il meccanismo di tiling di una mappa è illustrato nella figura sottostante.

La mappa viene divisa in tasselli (*Tiles*) (a). In realtà, ciascun tassello rappresenta di per sé una mappa; tuttavia in combinazione con gli altri tasselli forma una mappa completa e non è visualmente distinguibile dagli altri come unità separata. Quando viene selezionata un'area sulla mappa (b), tutti i tasselli che sono visibili parzialmente o interamente in quest'area devono essere caricati (c). In aggiunta, tutti i tasselli che confinano con l'area selezionata ma non sono visibili vengono caricati anche. Se l'utente muove la mappa, i tasselli caricati in (d) sono mostrati senza ritardi dovuti al caricamento dal server. Allo stesso tempo tutti i tasselli che adesso confinano con la nuova area selezionata (ma che non sono ancora visibili), sono caricati per le operazioni future.

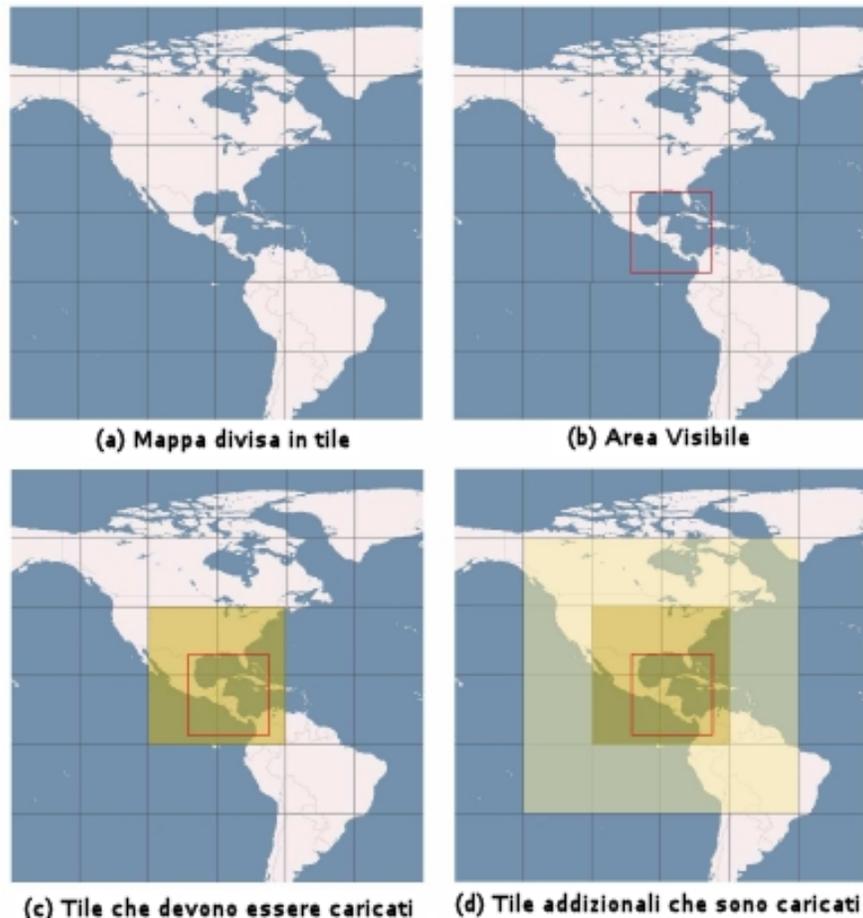


Figura 22 – Tiling

Il tiling può essere implementato in due modalità, lato client o lato server.

Tiling lato client

Nel tiling lato client, l'applicazione webgis definisce le estensioni territoriali dei singoli tasselli e li richiede al server. Ogni tassello contiene un elemento html di tipo `` il quale ha un attributo `src` fisso contenente l'url della richiesta che produce l'immagine dal server. Il fatto che l'url della richiesta per un tassello è sempre la stessa, nonostante gli spostamenti della mappa decisi dalle interazioni con l'utente, permette di instaurare dei meccanismi di "caching" dei tiles da parte del browser, il quale a fronte di una estensione territoriale che visualizza una serie di tiles già presenti in cache, non scatena alcuna

richiesta al browser, aumentando notevolmente le prestazioni della funzione di Pan (frequente), rispetto alla generazione dell'intera estensione territoriale con una richiesta unica al server. Una ulteriore caratteristica di usabilità si ottiene implementando dei meccanismi di visualizzazione "a spirale" dei tasselli, in modo da visualizzare prima i tasselli centrali della mappa ed in seguito quelli laterali.

Tiling lato server

Nel tiling lato server vengono creati tutti i tasselli necessari per visualizzare una certa estensione territoriale per gli n livelli di zoom di una mappa. Questo processo può essere effettuato off-line e produce una piramide di tasselli in cui al primo livello di zoom ci sarà un solo tile, al secondo 2 e così via fino a creare tutti i tasselli necessari da coprire l'intera estensione territoriale. Ogni tassello è pubblicato da un web browser ed ha una url univoca composta da livello_zoom/cartella/nome_file (es. <http://server/tiles/0/1/1.jpg>). Lato client è necessario implementare degli algoritmi che data l'estensione territoriale della mappa, siano in grado di riprodurre esattamente gli url di tutti i tasselli che sono necessari per coprire l'estensione territoriale della mappa. Le prestazioni delle operazioni di pan/zoom risultano notevolmente migliori rispetto al solo tiling lato server, perché si abbattano i tempi di risposta del map server che produce i singoli tiles.

WMS-C

Sia il tiling lato client che quello lato server presentano degli svantaggi. Il tiling lato client velocizza le operazioni di pan rispetto alla produzione della mappa con un unico tile. Tuttavia può rallentare molto le operazioni di zoom, soprattutto in presenza di tematismi molto pesanti, come ad esempio dati di tipo raster (foto aeree, satellitari, ...). In questo caso il tempo di risposta del server va moltiplicato per gli n-tiles della mappa. La soluzione a questo problema è il tiling lato server, il quale "precarica" tutti i tasselli di una mappa sul disco del server. L'operazione di preloading dei tiles tuttavia può essere molto onerosa, arrivando ad impiegare giorni o settimane nel caso di estensioni territoriali ampie e dati raster ad alta definizione. Un ulteriore svantaggio è rappresentato dalla ingente necessità di memoria disco sui server che devono ospitare questi tasselli. L'OSGeo ha

definito lo standard **WMS Tile Caching** (WMS-C) ([WMS-C]) in modo da combinare i vantaggi del tiling lato client e lato server. Un WMS-C riceve delle richieste wms getMap ma, oltre a restituire il tassello al client, lo crea sul disco del server. Le future richieste del tassello presente su disco non verranno servite semplicemente caricando il tassello da disco, piuttosto che creare l'immagine vera e propria. In questo modo si hanno i vantaggi di entrambi i meccanismi di tiling, senza gli svantaggi di dover precaricare tutti i tasselli off-line sul server e permettendo al client di scaricare comunque i tasselli precaricati su disco man mano che gli utenti visualizzano le mappe.

5. Roja

In questo capitolo si descriverà il progetto implementato per questo lavoro di tesi, **Ras OpenLayers JavaScript Api** (Roja). Il progetto riguarda lo sviluppo di una libreria di API Javascript che permettono di dotare di funzionalità GIS una comune pagina web. Queste API sono state sviluppate come estensione della libreria OpenLayers, descritta nel capitolo 3. L'estensione di tale libreria ha avuto principalmente lo scopo di interfacciare specifici servizi di back-end forniti dalla Infrastruttura Dati Territoriali del Sistema Informativo Territoriale Regionale (SITR) della Regione Sardegna e di specializzare le classi esistenti in OpenLayers in funzione delle esigenze e dei requisiti funzionali delle cartografie del SITR. Si descriveranno gli strumenti online del progetto ed i componenti implementati, dimostrando come essi si collocano nel contesto dello Smart Map Browsing e permettono di aggiungere ulteriore usabilità agli oggetti base di OpenLayers.

5.1.Strumenti

Dalla home page della libreria ([Roja]) si accede agli strumenti online della libreria.



Figura 23 – Home page di Roja

Gli utenti di questa API possono essere semplici cittadini che vogliono aggiungere una mappa nelle loro pagine web, tecnici degli uffici regionali, che hanno interesse ad utilizzare i servizi geografici messi a disposizione dal SITR nei loro portali, sviluppatori che hanno conoscenze Javascript e vogliono estendere gli oggetti disponibili. Per questi motivi sono stati pubblicati degli strumenti che permettono agli utenti di aggiungere funzionalità GIS nelle loro pagine html in modo veloce ed intuitivo e di personalizzare o estendere gli oggetti delle API. Gli strumenti disponibili dalla home page del progetto sono:

- Guida WebDeveloper;
- Librerie;
- Esempi;

- Test unitari;

5.1.1. Guida Web Developer

Il progetto OpenLayers, da cui deriva Roja, mette a disposizione una documentazione tecnica, ma essa è talvolta lacunosa e soprattutto orientata a chi conosce già quali oggetti utilizzare per risolvere certi problemi. L'attività di documentazione di Roja ha riguardato la realizzazione di un "tutorial" in italiano con i casi d'uso reali dell'infrastruttura del SITR della Regione Sardegna (cartografie presenti nei WMS, URL veri, sistemi di riferimento di coordinate...).

Il tutorial permette di comprendere in modo semplice ed intuitivo quali sono i passi per inserire una mappa in una pagina html. Sono presenti molti esempi di mappe e controlli che permettono a chiunque abbia conoscenze basilari di html di utilizzare gli oggetti della libreria. In molti casi basta un copia/incolla del codice disponibile negli esempi per creare la mappa.

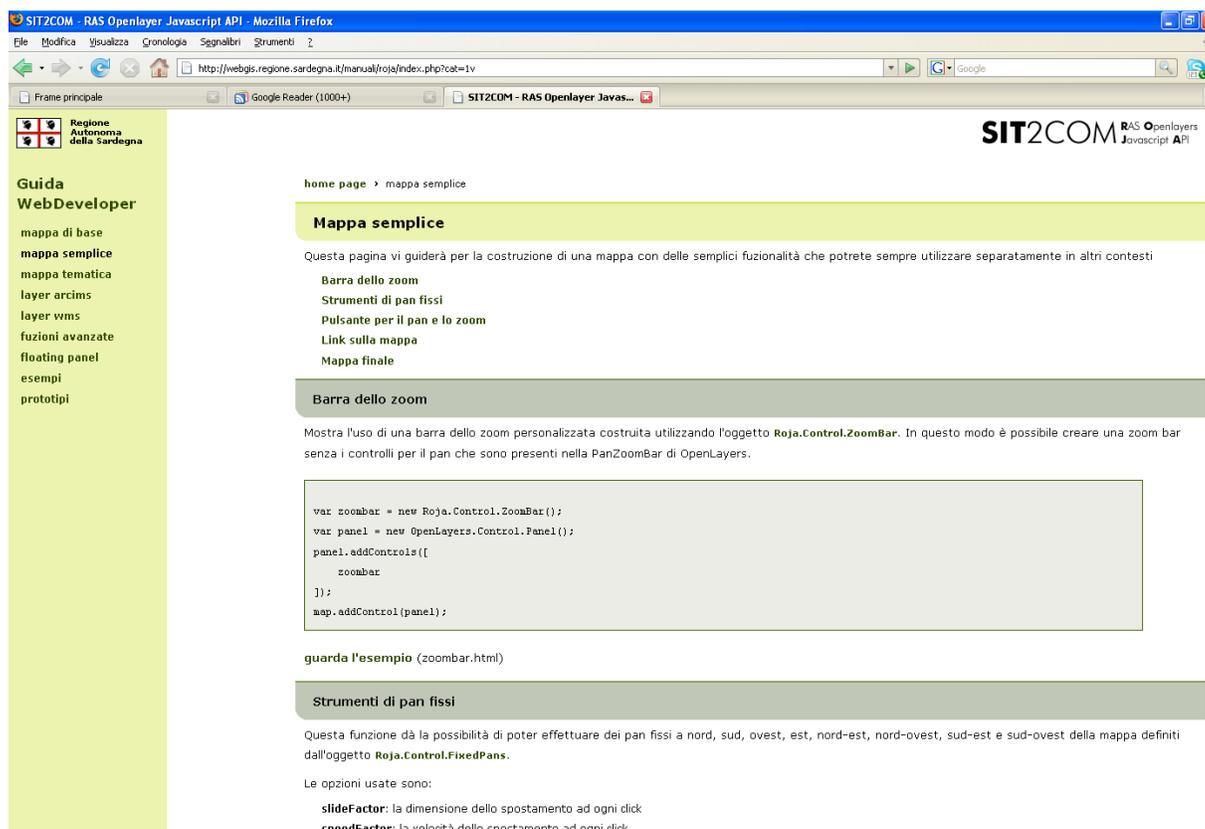


Figura 24 – Guida Web Developer di Roja

5.1.2.Documentazione NaturalDocs

La documentazione degli oggetti che fanno parte della libreria   stata realizzata attraverso il tool open source **NaturalDocs** ([Ndocs]), strumento adottato anche da OpenLayers; a partire dai commenti “inline” inseriti nel codice, produce una documentazione HTML molto facile da consultare. Il tool permette una personalizzazione del look, caratteristica sfruttata per produrre quindi una documentazione in linea con il look standard dei siti istituzionali della Regione Sardegna. La documentazione delle classi e dei metodi   stata scritta in inglese; questo perch  la libreria, essendo basata su OpenLayers, si colloca nel contesto di un progetto open source internazionale, e la documentazione tecnica in inglese permette quindi una pi  agevole integrazione tra gli sviluppatori di Roja e la

comunità OpenLayers. In molti casi si è riscontrato un interesse da parte della comunità degli sviluppatori OpenLayers ad alcuni componenti di Roja, come ad esempio i Floating Panels, il calcolo dei percorsi, gli oggetti ArcXML (verranno descritti nei prossimi paragrafi).

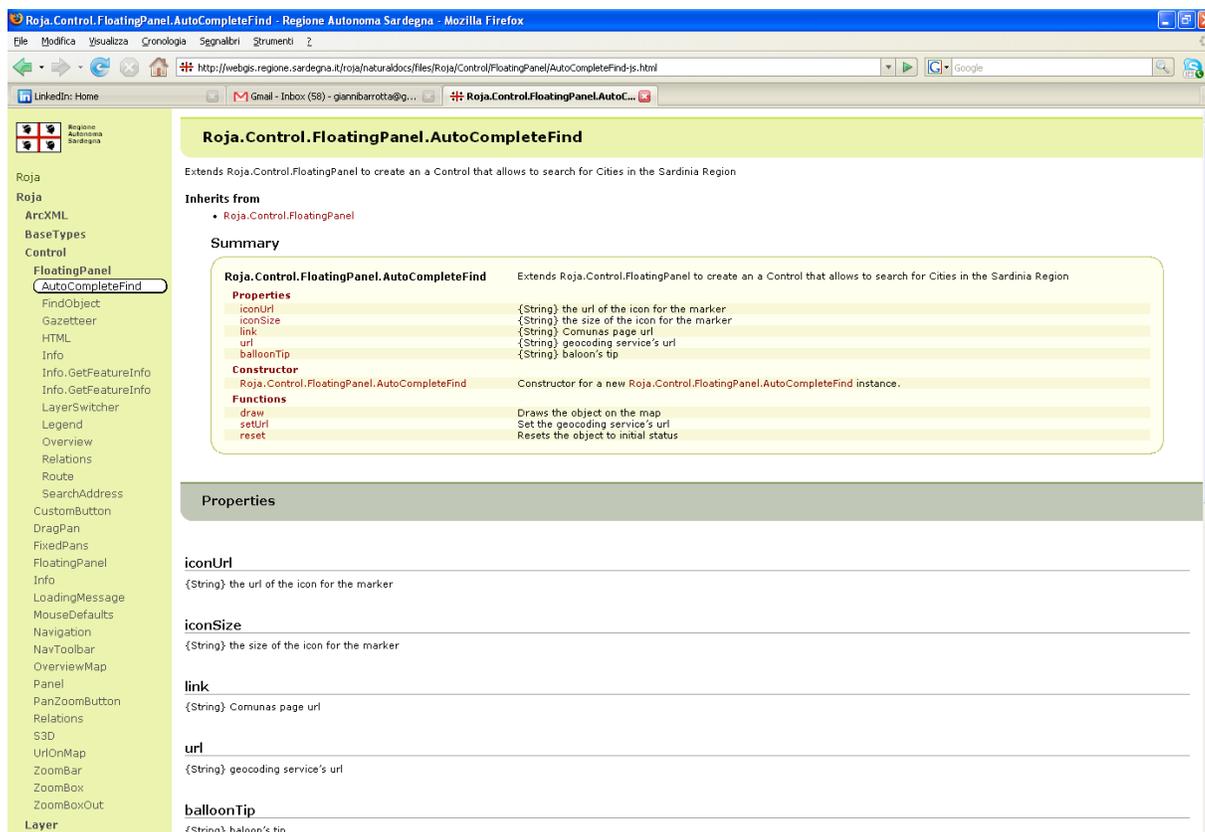


Figura 25 – Documentazione NaturalDocs delle classi di Roja

5.1.3.Esempi

Un altro strumento della libreria è rappresentato dagli esempi.

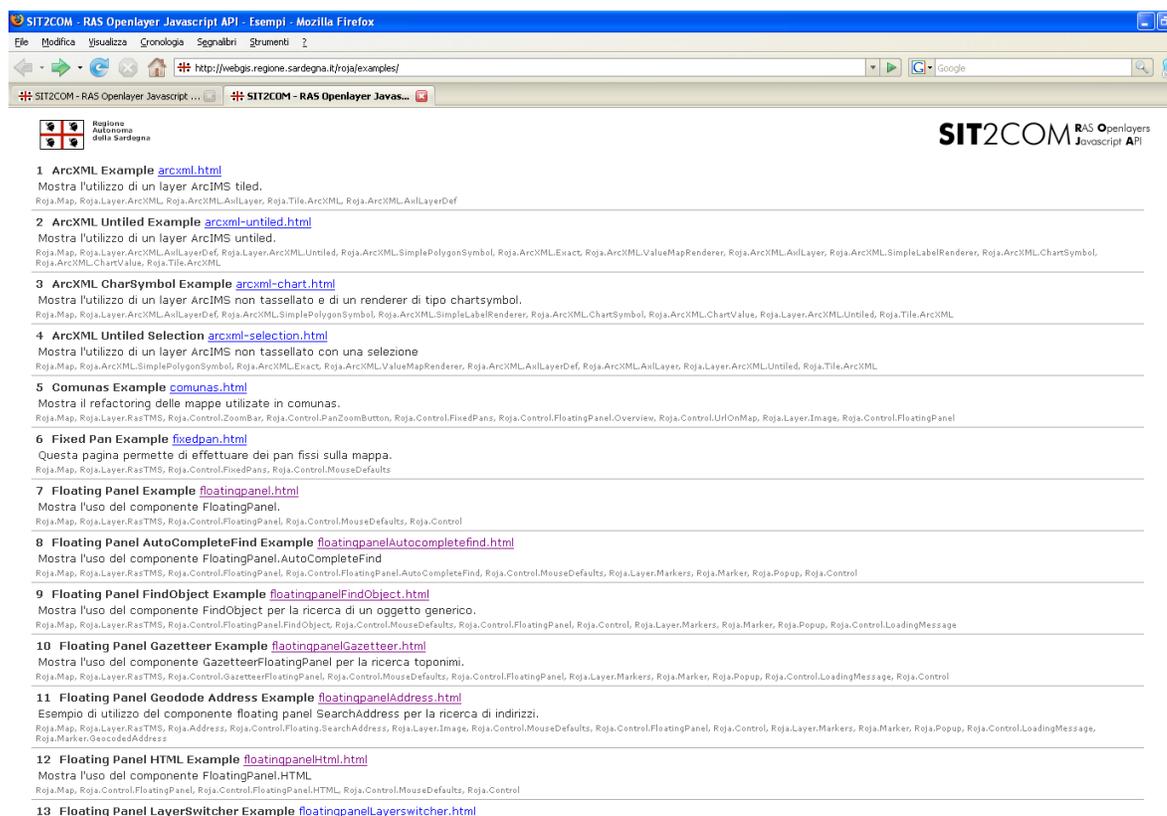


Figura 26 – Esempi di mappe e componenti Roja

Sono stati sviluppate più di 30 pagine html dedicate ciascuna ad illustrare il comportamento e la configurazione di un componente della libreria. Gli utenti possono visualizzare il codice html di ciascuno di questi esempi per capire in che modo configurare il componente, quali sono i suoi parametri e come invocare i suoi metodi pubblici. Inoltre gli utenti che sviluppano oggetti nella libreria possono usare gli esempi come test funzionali, per verificare che il componente soddisfi i requisiti stabiliti anche in seguito a modifiche all'oggetto stesso o ad oggetti che interagiscono con esso.

5.1.4. Unit Test

E' stata predisposta una suite di test per lo sviluppo di test unitari del codice.

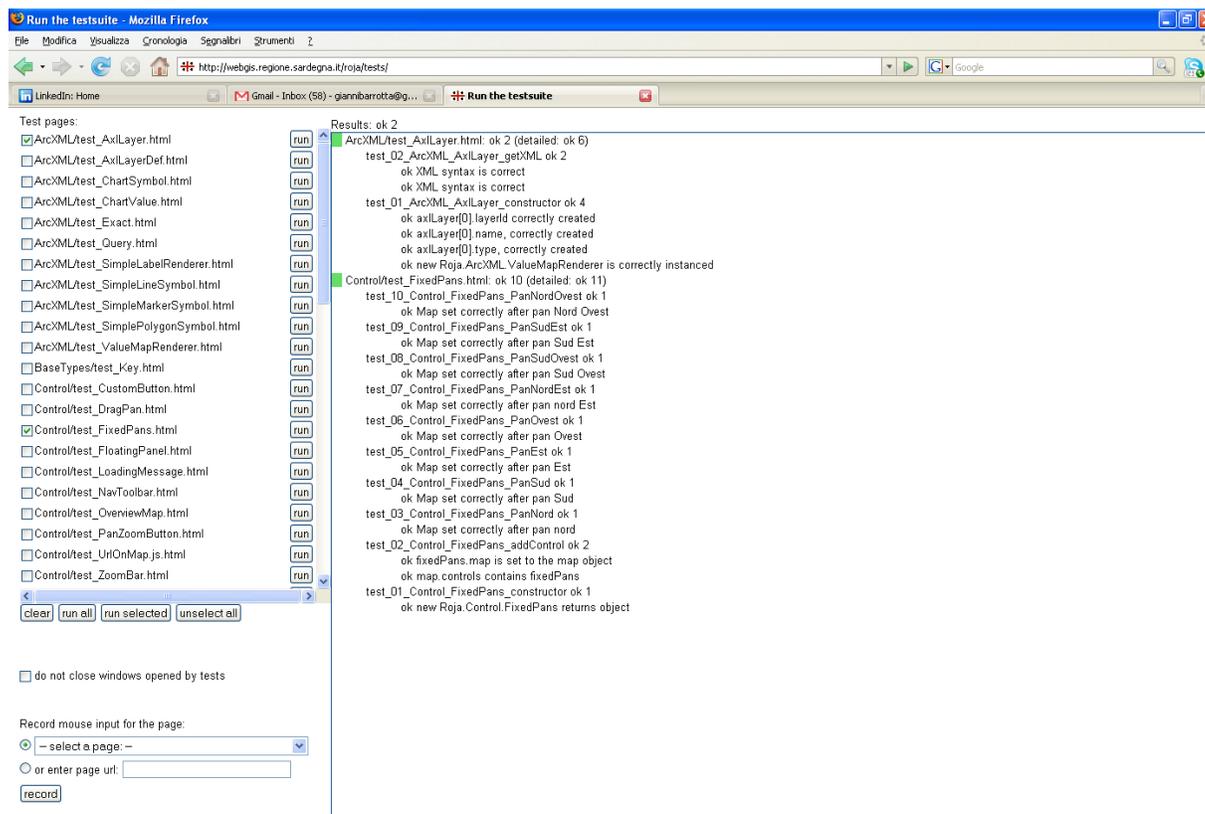


Figura 27 – Unit test di Roja

I test unitari hanno un duplice obiettivo:

1. Rendere il codice robusto. Lo sviluppo di casi di test unitari per i metodi ed i costruttori degli oggetti, insieme all'automatizzazione dei test stessi, permette di verificare l'integrazione degli oggetti che si sviluppano man mano che lo sviluppo prosegue. Il report giornaliero dei test permette di verificare eventuali bug negli oggetti; se associato ad una build notturna (nightlybuild) del progetto, permette di verificare giorno per giorno lo stato di correttezza della versione del progetto presente nel repository unico dei sorgenti.
2. Consentire il passaggio alle future versioni di OpenLayers. Qualora i test funzionino correttamente dopo un rilascio di una nuova versione di OpenLayers, è altamente probabile che l'integrazione della nuova versione nel pacchetto di librerie di Roja non produca malfunzionamenti e che si possa adottare senza

rischi.

Il meccanismo individuato con cui sviluppare la suite di test è lo stesso adottato da OpenLayers, vale a dire il tool OpenSource **Test.AnotherWay** ([TAW]), il quale permette di definire in un'unica pagina web una serie di test da lanciare automaticamente senza dovere inserire nel codice sorgente da testare alcuna riga di codice di test.

5.2.Componenti

In questo paragrafo si descrivono i componenti implementati. Questi possono essere suddivisi in **Controls**, **FloatingPanels** e **Layers**.

5.2.1.Controls

Gli oggetti di tipo *Control* permettono di interagire con la mappa per effettuare le classiche operazioni di pan/zoom o per modificare i tematismi visibili.

Roja.Control.OverviewMap

La **OverviewMap** individua il territorio coperto dal viewport rispetto ad un'estensione territoriale più grande. Il quadrato indicato nella OverviewMap può essere trascinato per modificare l'estensione territoriale della mappa principale.



Figura 28 – Roja.Control.OverviewMap

Roja.Control.Copyright

Messaggio utilizzato per note circa i diritti vigenti sulle immagini mostrate.



Figura 29 – Roja.Control.Copyright

Roja.Control.CustomButton

E' possibile aggiungere ad una toolbar (descritta in seguito) un pulsante custom che permette di invocare una funzione in corrispondenza del mouseClick su di esso. Questo oggetto aggiunge quindi flessibilità alla toolbar, permettendo agli utenti di configurare un numero variabile di pulsanti personalizzabili in base alle loro esigenze.



Figura 30 – Roja.Control.CustomButton

Roja.Control.FixedPans

Questa funzione dà la possibilità di poter effettuare dei pan fissi a nord, sud, ovest, est, nord-est, nord-ovest, sud-est e sud-ovest. E' possibile impostare la dimensione dello spostamento ad ogni click e la velocità dello spostamento della mappa ad ogni click.



Figura 31 – Roja.Control.FixedPans

Roja.Control.NavToolbar

Permette di impostare le modalità di funzionamento della mappa con dei controlli esterni o interni alla mappa. Nella figura sotto sono presenti tre pulsanti, uno per lo zoom in, uno per lo zoom out e l'ultimo per il pan. E' possibile aggiungere dei pulsanti personalizzati con l'oggetto *Roja.Control.CustomButton*.



Figura 32 – Roja.Control.NavToolbar

Roja.Control.PanZoomButton

Permette di effettuare lo zoom o il pan su mappa utilizzando un unico pulsante.

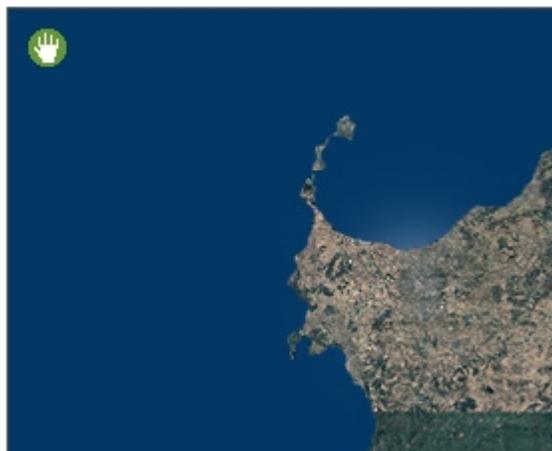


Figura 33 – Roja.Control.PanZoomButton – zoom impostato



Figura 34 – Control.PanZoomButton – pan impostato

Roja.Control.s3D

Questo componente permette di esportare un file con estensione *.s3d* utilizzabile su Sardegna3d ([S3D]), il navigatore 3D della Regione Sardegna.

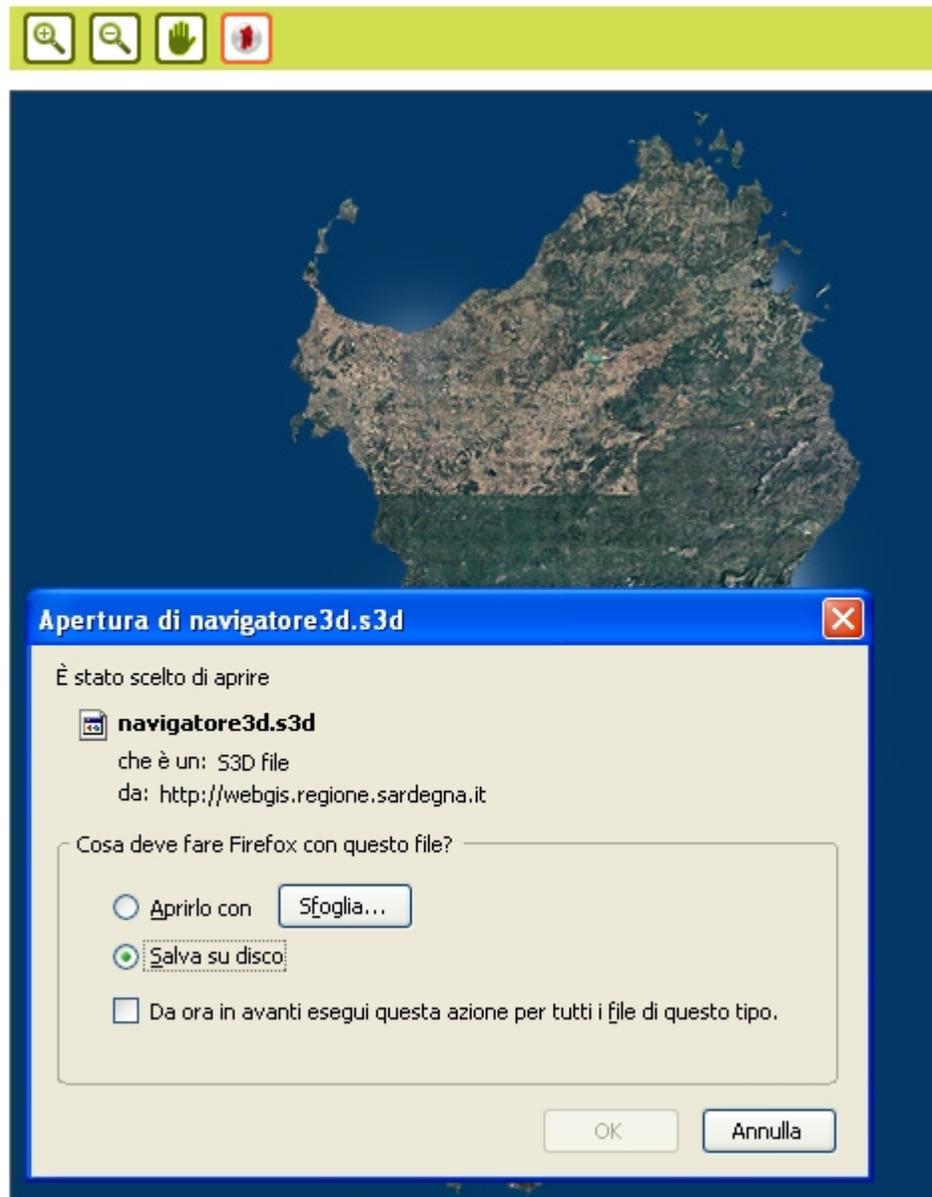


Figura 35 – Roja.Control.s3D

Roja.Control.ZoomBar

Questo oggetto permette di creare una zoom bar senza i controlli per il pan che sono presenti nella *PanZoomBar* di OpenLayers.

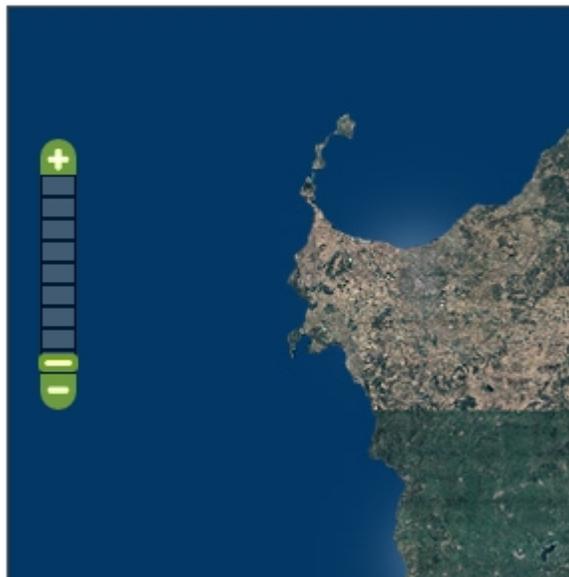


Figura 36 – Roja.Control.PanZoomBar

5.2.2.FloatingPanel

I **FloatingPanel** sono dei box in grado di spostarsi sulla mappa ed interagire con essa. Nel FloatingPanel sono presenti tre pulsanti:

- un pulsante per spostare l'oggetto alla sua posizione originale;
- un pulsante per aprire o chiudere il pannello inferiore;
- un pulsante per chiudere il pannello di floating.

Inoltre un floating panel può dimensionato a piacere e posizionato in qualsiasi punto della mappa.

Roja.Control.FloatingPanel.AutoCompleteFind

Questo oggetto permette di localizzare l'estensione territoriale dei comuni della Regione Sardegna. Man mano che l'utente scrive il testo della ricerca, viene visualizzata la lista dei comuni che iniziano con il testo inserito. Questo tipo di interazione risulta per l'utente molto veloce ed intuitiva, permettendo all'utente di visualizzare l'oggetto desiderato con un solo click del mouse. Quando l'utente ha individuato il comune che vuole visualizzare

sulla mappa, clicca sul nome ed in mappa viene visualizzato un marker ed un popup, al centro del quale si trova un link alla scheda di dettaglio del comune.

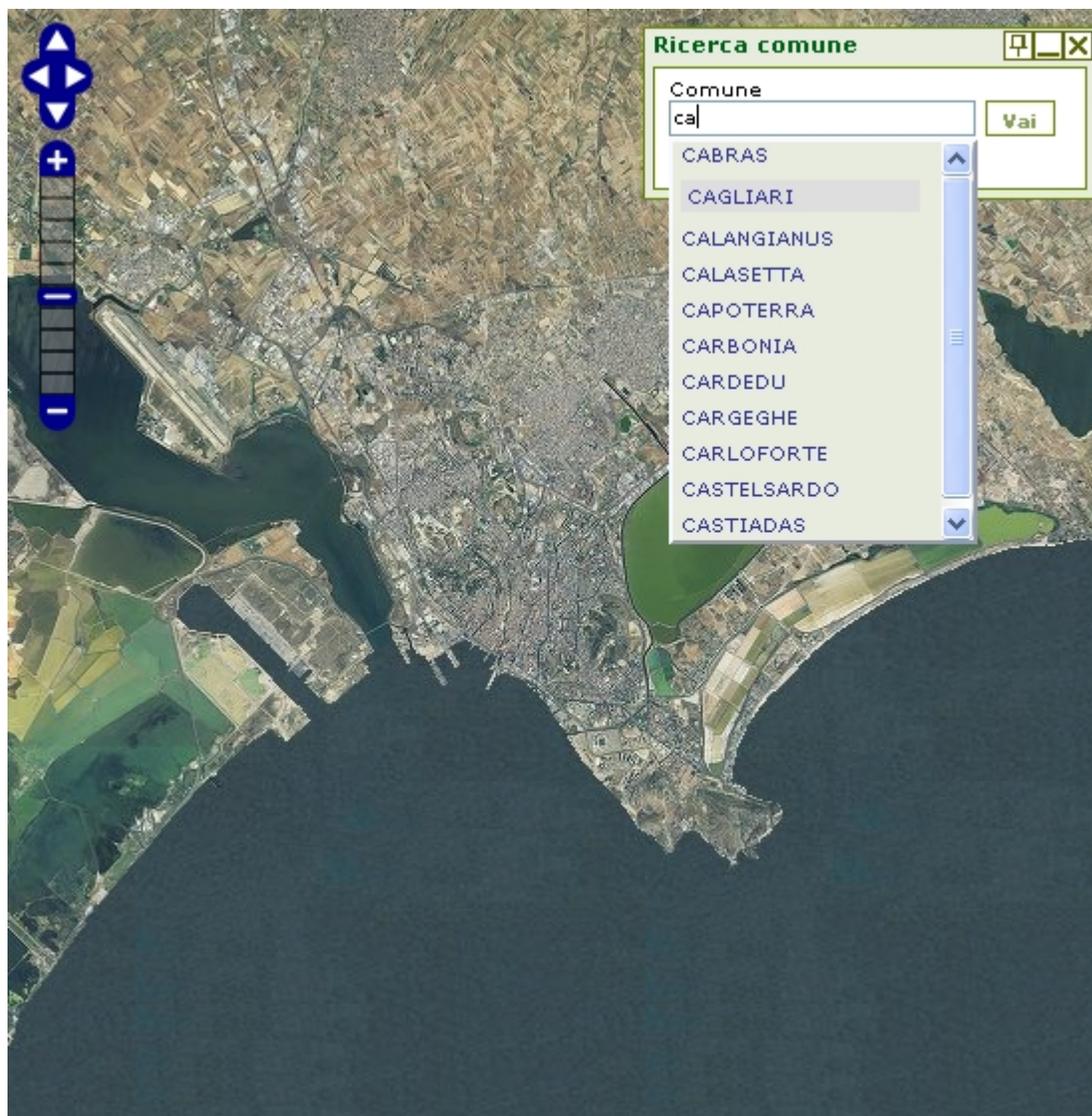


Figura 37 - Roja.Control.FloatingPanel.AutoCompleteFind - ricerca

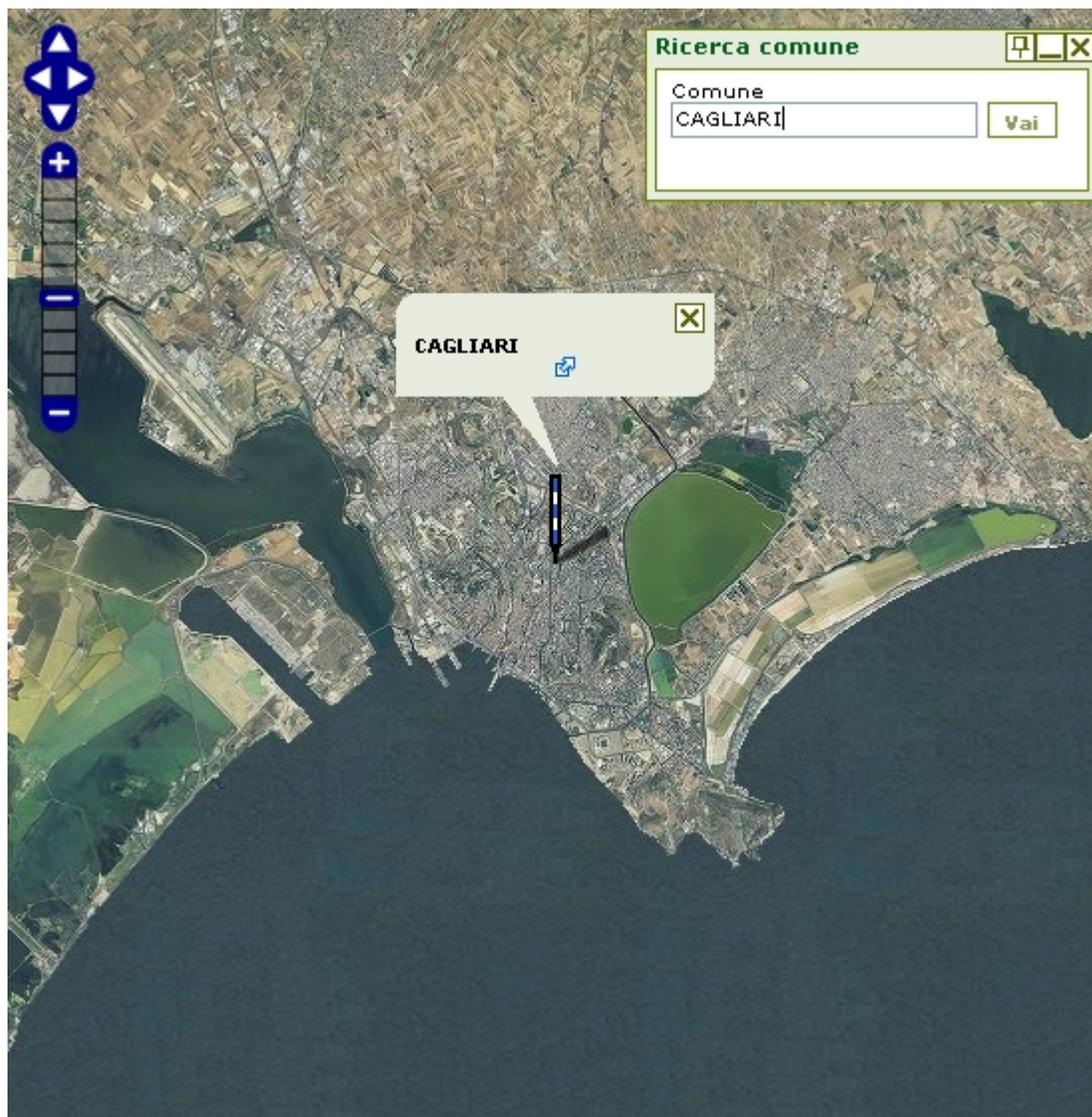


Figura 38 -Roja.Control.FloatingPanel.AutoCompleteFind - risultato

Roja.Control.FloatingPanel.FindObject

Ricerca per chiave oggetto territoriale. Utilizza un servizio WFS per effettuare il geocoding dell'oggetto ricercato, data la chiave di ricerca. Questo componente permette quindi di impostare una ricerca su un qualsiasi layer presente all'interno del database cartografico della Regione Sardegna.



Figura 39 –Roja.Control.FloatingPanel.FindObject

Roja.Control.FloatingPanel.Gazetteer

Controllo che permette di interfacciarsi al servizio *Gazetteer* per localizzare un toponimo. Un gazetteer è un servizio di ricerca territoriale che si basa su un database di toponimi, ovvero di nomi di luoghi. Mediante questo oggetto è possibile ricercare all'interno di un database di oltre 80000 toponimi della Regione Sardegna.



Figura 40 – Roja.Control.FloatingPanel.Gazetteer

Roja.Control.FloatingPanel.HTML

FloatingPanel contenente HTML. Può essere utilizzato per personalizzare il contenuto del pannello da visualizzare sulla mappa, ad esempio per inserire del testo che spiega il contenuto informativo della mappa.



Figura 41 – Roja.Control.FloatingPanel.HTML

Roja.Control.FloatingPanel.LayerSwitcher

Estensione dell'oggetto *OpenLayers.LayerSwitcher* per consentire di gestire una vera e propria TOC di temi, con raggruppamenti a più livelli. Con questo oggetto è possibile visualizzare o nascondere i temi sulla mappa.

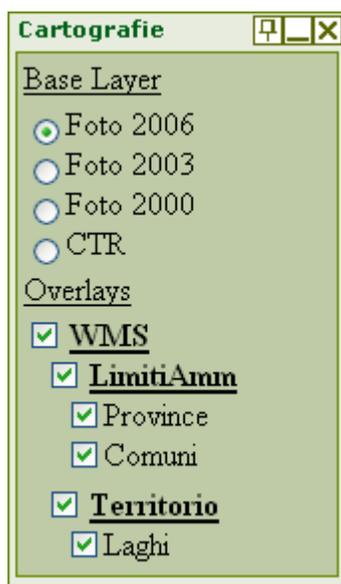


Figura 42 – Roja.Control.FloatingPanel.LayerSwitcher

Roja.Control.FloatingPanel.Legend

Oggetto che visualizza una legenda dei temi presenti sulla mappa. Se i tematismi presenti sulla mappa sono in numero elevato, la presenza di una legenda consente una corretta

comprensione dei dati visualizzati.



Figura 43 – Roja.Control.FloatingPanel.Legend

Roja.Control.FloatingPanel.Overview

Controllo OverviewMap in finestra flottante.



Figura 44 – Roja.Control.FloatingPanel.Overview

Roja.Control.FloatingPanel.Route

Permette di rappresentare in mappa i percorsi restituiti dal servizio **RouteService** definito dallo standard **OLS** (OGC Location Service) ed implementato dalla infrastruttura del SITR per ricercare i percorsi tra due indirizzi nel territorio della Regione Sardegna. L'oggetto permette anche di definire fino a due tappe intermedie.



Figura 45 - Roja.Control.FloatingPanel.Route - ricerca

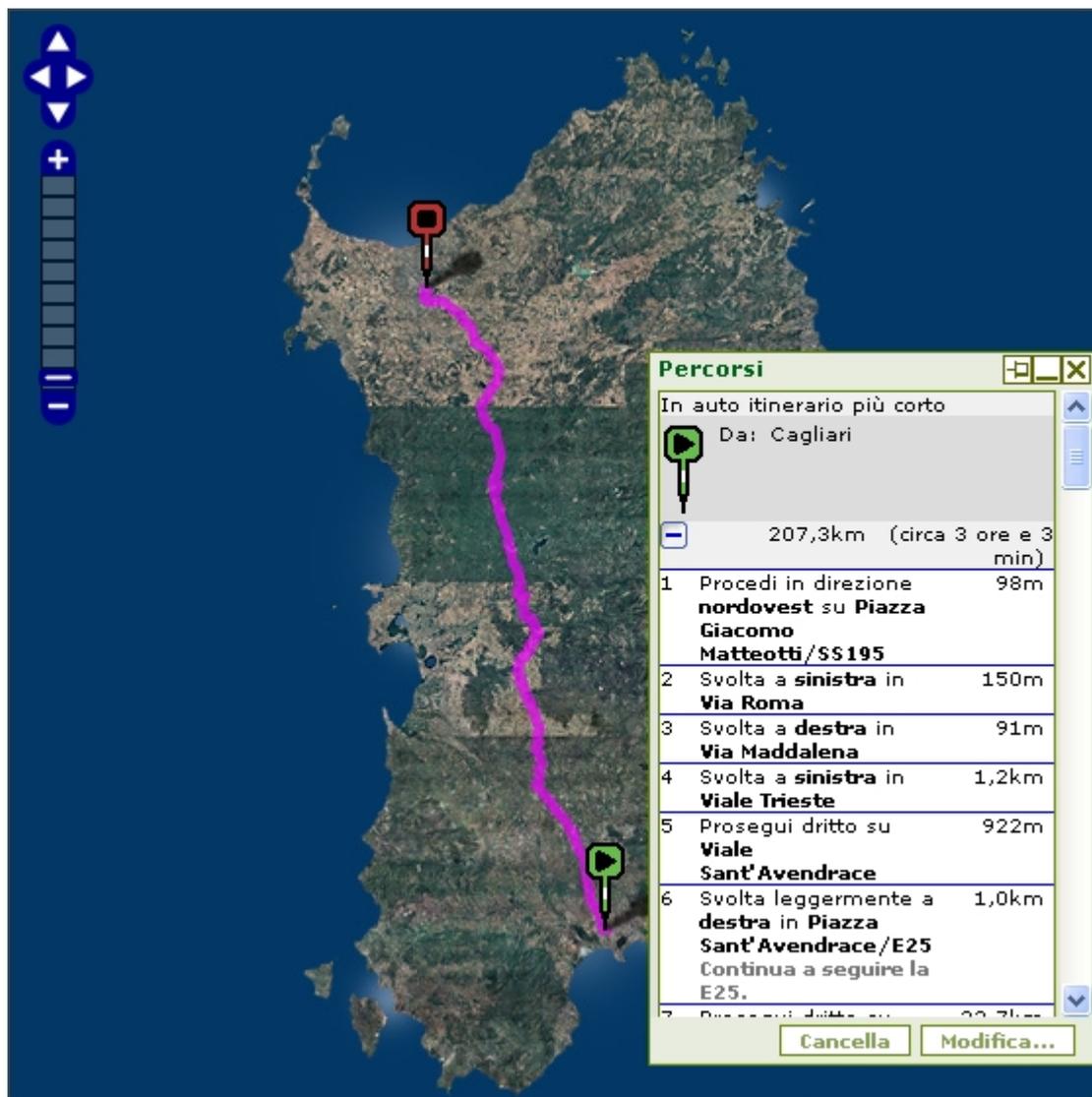


Figura 46 – Roja.Control.FloatingPanel.Route – risposta

Roja.Control.FloatingPanel.SearchAddress

Permette di realizzare lato client una funzionalità di “Trova indirizzo” che consente di localizzare un indirizzo del territorio della Regione Sardegna, costituito da Comune, Via e numero civico. Sono stati rappresentati in mappa gli indirizzi restituiti dal servizio di geocoding definito dallo standard OLS.



Figura 47 - Roja.Control.FloatingPanel.SearchAddress - ricerca

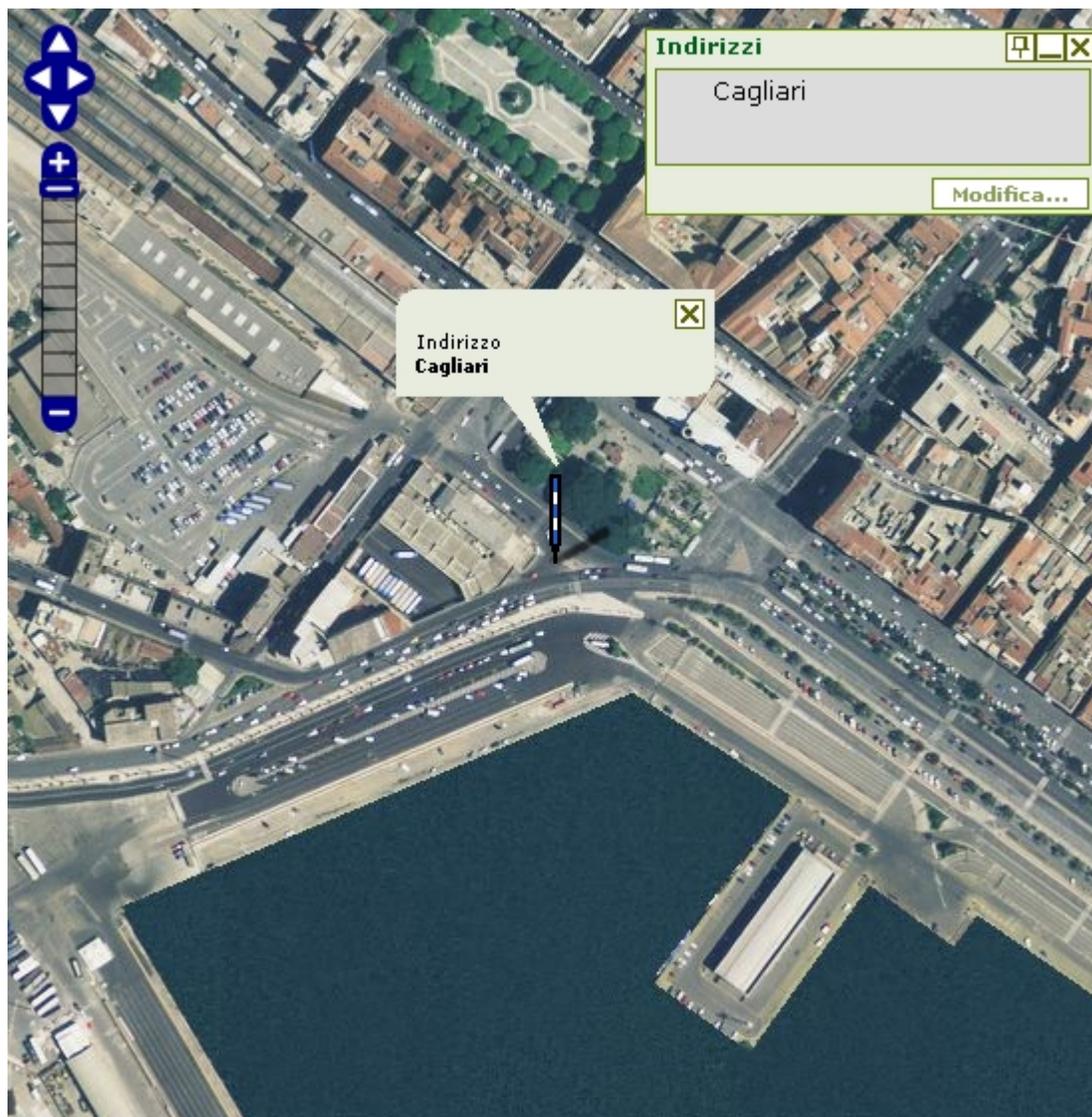


Figura 48 – Roja.Control.FloatingPanel.SearchAddress – risposta

5.2.3.Layers

Roja.Layer.ArcXML

Supporto ad un layer immagine prodotto da un Map Server ArcIMS. ArcIMS è un map server sviluppato da ESRI, azienda produttrice di software per il GIS. La necessità di visualizzare dati direttamente da ArcIMS nasce ove sono presenti dati che non sono

visualizzati correttamente dai map server WMS. Inoltre ci sono delle rappresentazioni implementate da ArcIMS che non sono ancora state definite nello standard WMS/SLD, come ad esempio i diagrammi a torta o a barra. La figura seguente mostra dei diagrammi a barre indicanti la popolazione maschile (in rosso) e femminile (in blue) delle province della Regione Sardegna.

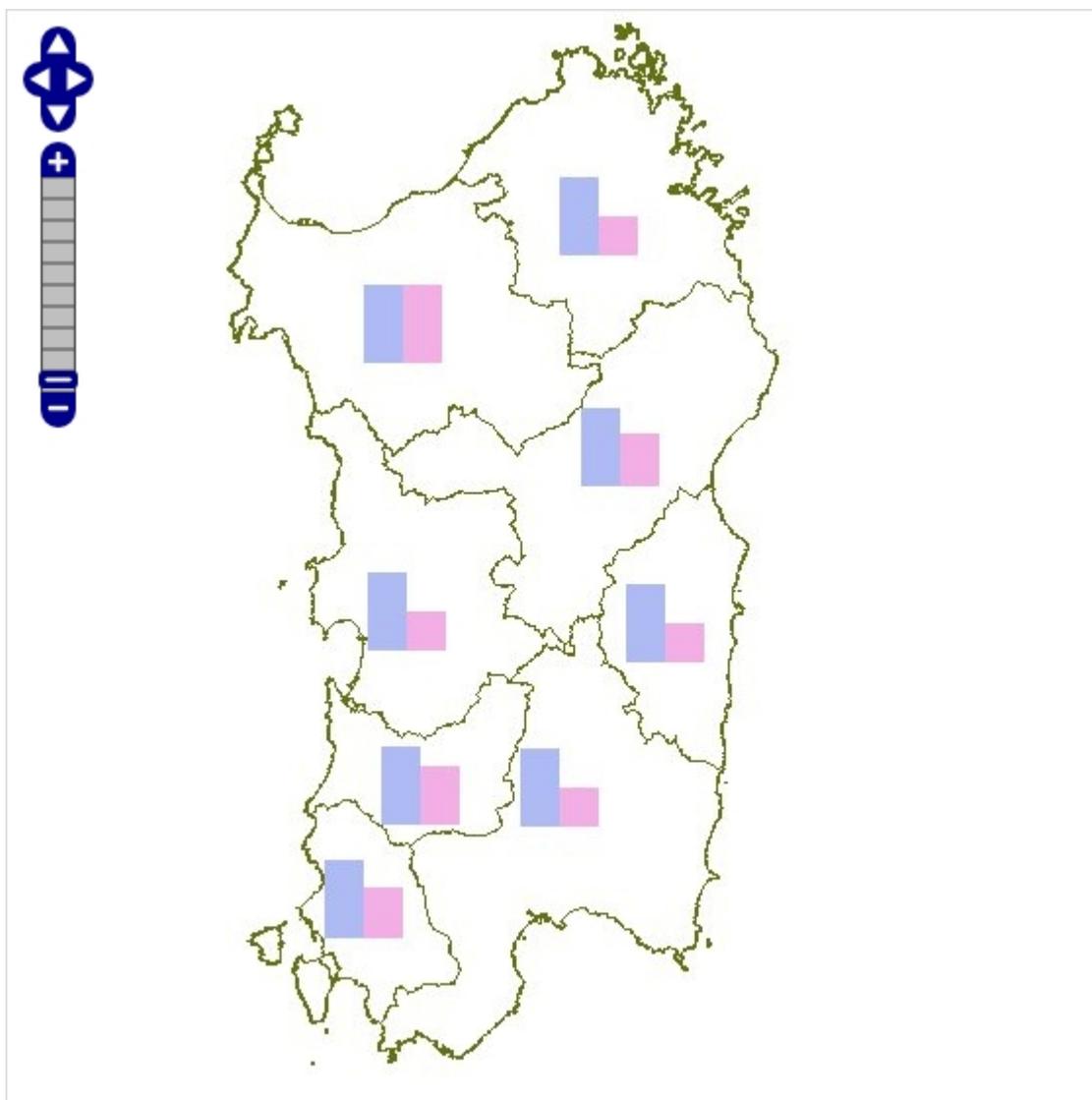


Figura 49 – Roja.Layer.ArcXML – Immagine con diagrammi a barre

Roja.Layer.GeoRSS

Estensione del layer *OpenLayers.Layers.Markers* con definizione dei metodi di parsing del feed GeoRSS e di gestione degli eventi sui maker che rappresentano il risultato. Lo standard GeoRSS definisce un formato XML mediante il quale è possibile passare ad un map server un insieme di oggetti con delle coordinate, in modo che questi vengano visualizzati in mappa.

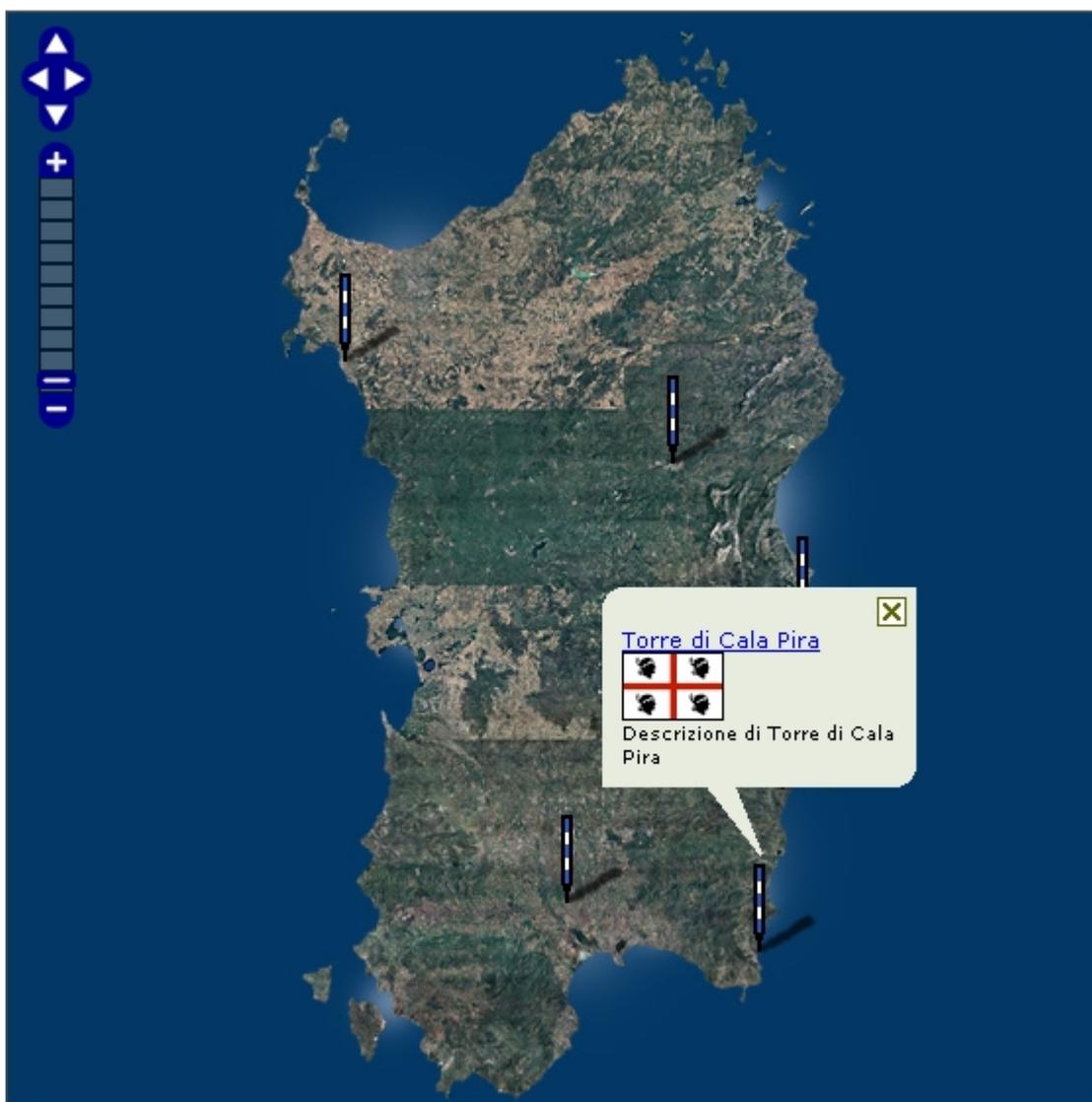


Figura 50 – Roja.Layer.GeoRSS

Roja.Layer.RasXMLMarker

L'oggetto *Roja.Layer.RasXmlMarker* permette di aggiungere un layer puntuale rappresentato mediante marker ed etichette indicando l'URL di un file XML con schema proprietario. La rappresentazione è dipendente dal livello di zoom, l'etichettatura supporta una semplice formattazione (allineamento a dx o a sx), marker ed etichetta si evidenziano al passaggio del mouse ed i testi sono dei link.



Figura 51 – Roja.Layer.RasXMLMarker

Roja.Control.Layer.RSS

Permette di visualizzare in mappa delle informazioni puntuali fornite in formato RSS; viene eseguito un Geocoding che permette la trasformazione di RSS in GeoRSS attraverso le funzionalità di Geocoding e visualizzazione successiva in mappa. La visualizzazione in

mappa degli oggetti individuati è esattamente uguale a quella del layer GeoRSS; l'unica differenza sta nel fatto che l'xml di partenza non contiene le coordinate degli oggetti, le quali vengono individuate lato server attraverso un apposito servizio di geocoding.

Roja.Layer.WMS

Consente di definire in maniera rapida la tematizzazione da attuare su di un layer WMS mediante l'indicazione di un SLD; permette anche di utilizzare il metodo standard di identificazione di oggetti offerto dal WMS per attivare pagine web in corrispondenza del clic su un oggetto cartografico. L'uso dello standard SLD permette di risolvere problematiche riguardanti la rappresentazione delle feature presenti in mappa con un colore ed uno stile differenti da quelli con cui esse sono state catalogate nel map server.

5.3.Regole di sviluppo per il codice

In questo paragrafo vengono descritte le regole di sviluppo usate nel progetto ROJA. Vengono prese in considerazione le regole fornite dai creatori di OpenLayers, estendendole con altre utili per una corretta progettazione e una più facile comprensione del codice. L'utilizzo di regole di uno standard nella scrittura del codice permette a tutti i membri del gruppo di sviluppo una rapida comprensione del significato e del funzionamento del codice stesso, migliorando notevolmente i tempi di debug del codice ed in generale il "commitment" nel progetto di tutti i membri del gruppo di sviluppo. Si ricorda che il linguaggio di sviluppo degli oggetti Roja è il Javascript, il quale è un linguaggio interpretato e non compilato; l'assenza di una fase di compilazione distinta dalla fase di esecuzione del codice impedisce la normale fase di individuazione degli errori di sviluppo più immediati. La presenza di regole di sviluppo comuni in questo caso ha anche lo scopo di evitare il più possibile gli errori di coding che in questo caso si verificherebbero solo a runtime.

5.3.1.Coding

- Variabili, proprietà e metodi vanno scritti in minuscolo. Se i nomi sono composti da più di una parola, queste ultime vanno in maiuscolo (es. `var chartSymbol`);
- Le classi seguono lo stesso criterio delle variabili, ma hanno anche la prima lettera maiuscola. (es. `Roja.Layer`);
- Le costanti vanno scritte tutte in maiuscolo;
- I nuovi oggetti e i nuovi array vanno dichiarati usando `{}` e `[]`, non `new Object()` e `new Array()`;
- Tutti i nomi devono essere lunghi abbastanza per essere comprensibili e non ambigui. Ad esempio, `zoomHasChanged` è preferibile a `z1ch`; al contrario, `lat` e `lon` sono preferibili per latitudine e longitudine, perché più compatti, ma non ambigui.
- Per indentare si usano 4 spazi, niente tab;
- Mettere sempre il punto e virgola alla fine delle istruzioni: `var x = 10;` invece di: `var x= 10;`
- Utilizzare `document.createElement` per creare l'html delle componenti:


```
document.createElement('div');
```

 invece di:


```
var str=<div>;
document.getElementById('xxx').innerHTML=str;
```
- Mai impostare parametri nelle classi con `set...`, usare l'array 'options';
- Evitare di usare variabili globali al di fuori dell'oggetto `Roja.Map`;
- Evitare di passare gli id di elementi html creati dagli oggetti come parametri dell'oggetto (ad esempio nelle `options`);
- Ogni oggetto deve avere un metodo `destroy`. Il metodo deve:
 - Assegnare a `null` tutte proprietà dell'oggetto.
 - Rilasciare gli `eventObservers` associati agli elementi dell'oggetto.
 - Richiamare `destroy` degli oggetti istanziati localmente alla classe.

- Utilizzare le parentesi graffe in tutti i blocchi if:

```
if (x==1) {
    alert('error');
}
```

invece di

```
if (x==1)
    alert('error');
```

- Utilizzare le parentesi graffe in tutti i blocchi for:

```
for (var i=0; i<this.grid.length; i++) {
    if (this.grid [i].length) {
    }
}
```

invece di:

```
for (var i=0; i<this.grid.length; i++)
    if (this.grid [i].length) {
    }
```

5.3.2.Sviluppo dei Cascading Stylesheet

Gli elementi html creati dagli oggetti Roja hanno nomi che sono descrittivi della classe javascript da cui provengono. Per esempio il primo div creato per il layer switcher dalla classe:

Roja.Control.FloatingPanel.LayerSwitcher

avrà una classe css con il seguente nome:

RojaControlFloatingPanelLayerSwitcher.

Questo permette agli utenti di aggiungere le classi per questi elementi html direttamente nei loro style.css, ad esempio:

```
.RojaControlFloatingPanellayerSwitcher input {
  width:10px;
}
```

Gli elementi html figli del div principale hanno, ove possibile, dei nomi che permettono di individuare l'elemento html stesso.

Ad esempio:

```
.RojaControlFloatingPanellayerSwitcher .LayersLabel {
}
```

è la classe css assegnata all'etichetta '*LayersLabel*' nell'oggetto *LayerSwitcher*.

5.3.3.Class Diagram

L'appendice A mostra il diagramma delle classi di OpenLayers e di Roja. Nel diagramma sono mostrate in blu le classi Roja, in bianco le classi di OpenLayers.

5.4.Conclusioni

Abbiamo visto nel capitolo 4 il concetto di Smart Map Browsing e le caratteristiche di usabilità che è possibile introdurre nella applicazioni webgis. In particolare la libreria OpenLayers risulta essere, secondo le valutazioni di chi scrive, la libreria webgis che maggiormente risponde ai requisiti di usabilità e di modularità. In questo capitolo abbiamo visto le funzionalità aggiunte da Roja alla libreria Openlayers.

Gli strumenti online permettono agli utenti che vogliono aggiungere una mappa in una pagina html di verificare tutte le possibilità che hanno a disposizione con la libreria, aggiungendo usabilità alla documentazione di OpenLayers, che di suo risulterebbe piuttosto ostica alla maggior parte degli utenti che desiderassero utilizzarla come punto di partenza per capire come aggiungere funzionalità gis nelle pagine web.

I componenti implementati in Roja aggiungono usabilità ai componenti base di OpenLayers.

I FloatingPanels sono dei controlli definiti direttamente sulla mappa, ma la possibilità di spostare o iconizzare il controllo rende minimo l'impatto del componente nella corretta

visualizzazione del contenuto informativo della mappa. Questi componenti permettono di implementare sulle applicazioni webgis i controlli a finestra che tipicamente vengono implementati nei client di consultazione cartografica client/server, fornendo quindi dei controlli che sono tipici di prodotti come gvSig, arcView,

Le ricerche con l'autocompletamento del risultato permettono di localizzare gli elementi territoriali di interesse in modo veloce ed intuitivo, senza la necessità di passare dalla finestra di ricerca a quella del risultato per poi cliccare ulteriormente per visualizzare i risultati in mappa.

Gli strumenti di navigazione della mappa (Toolbar, ZoomBar, PanZoomButton,...) permettono agli utenti di dotare la mappa di controlli personalizzabili secondo le loro esigenze. In conclusione le proprietà di Smart Map Browsing di Roja che sono state analizzate in questa tesi permettono di dotare i siti della Regione Sardegna di funzionalità GIS con elevate caratteristiche di usabilità.

6. Mash-up e applicazioni cartografiche basate su Roja

Le API Roja danno la possibilità di integrare contenuti fra loro molto lontani con il territorio generando conoscenza e riducendo i livelli di astrazione necessari per comprendere la realtà. La presenza di una mappa permette una comprensione immediata del contenuto informativo di una pagina web. In questo capitolo si mostreranno alcuni esempi di integrazione di mappe all'interno dei portali istituzionali della Regione Sardegna, dimostrando come le mappe permettono una usabilità ed una comprensione maggiore delle informazioni pubblicate. Una applicazione di questo tipo viene definita anche con il termine inglese *Mash-up*, ovvero mix fra contenuti e informazioni provenienti da fonti differenti. Infine si mostrerà una applicazione di navigazione cartografica costruita assemblando i componenti presenti all'interno di Roja.

6.1. *SardegnaSalute*

La Presidenza della Regione Sardegna ha pubblicato un sito ([SardegnaSalute]) per la ricerca di informazioni circa i servizi e le risorse sanitarie regionali. Questo sito permette di visualizzare l'estensione territoriale coperta da una ASL e dai suoi Distretti. In particolare, quando viene visualizzata una ASL, se ne evidenzia la sua scomposizione in Distretti, e quando si visualizza un Distretto, se ne evidenzia la sua scomposizione in Comuni, il tutto corredato con la lista delle strutture sanitarie in essi disponibili.

Il contenuto informativo in termini di risorse e strutture sanitarie è fornito dal un CMS utilizzato per gestire tutti i siti istituzionali regionali, mentre quello cartografico è prelevato dalla banca dati del SITR, evitando di duplicare l'informazione cartografica. Le mappe presenti in questi siti non sono navigabili; non è possibile effettuare le normali operazioni di zoom e pan. Questo è un preciso requisito voluto dalla Presidenza Regionale, la quale intende solamente rappresentare un distretto o una asl al livello di zoom che permette agli utenti di visualizzare correttamente la sua composizione geografica e la sua scomposizione in comuni o distretti. Le mappe inserite nelle pagine del

portale rispondono a due requisiti di base: permettere la navigazione all'interno del portale con una interazione diretta con la mappa e visualizzazione delle informazioni presenti in un certa feature cartografica (click su un poligono).

6.1.1. Distretti sanitari

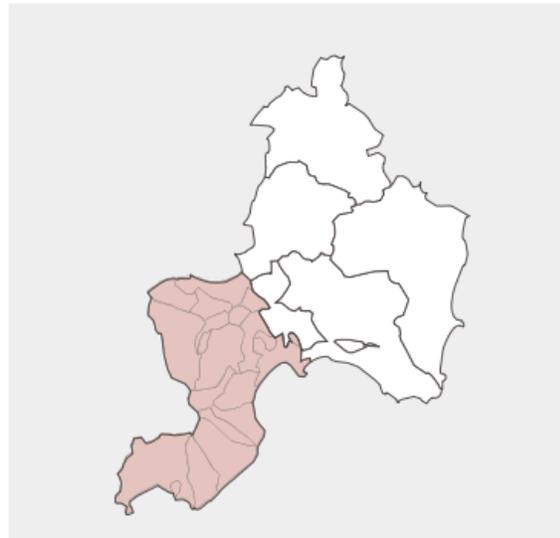
La mappa dei distretti mostra il distretto selezionato in marrone e tutti gli altri distretti della ASL con sfondo bianco.

aslcagliari > distretti > cagliari ovest

DISTRETTI

- Cagliari est
- > Cagliari ovest
 - Assemini
 - Cagliari
 - Capoterra
 - Decimomannu
 - Decimoputzu
 - Domus de Maria
 - Elmas
 - Pula
 - San Sperate
 - Sarroch
 - Siliqua
 - Teulada
 - Uta
 - Vallermosa
 - Villa San Pietro
 - Villasor
 - Villaspeciosa
- Quartu Sant'Elena
- Muravera
- Isili
- Senorbi

Distretto di Cagliari ovest



Responsabile
dott.ssa Giovanna Del Giudice

Sede del distretto
Cagliari, via Romagna 16 c/o Cittadella della Salute

Comuni
Assemini, Cagliari, Capoterra, Decimomannu, Decimoputzu, Domus De maria, Sarroch, Pula, San Sperate, Villa San pietro, Siliqua, Teulada, Uta, Vallermosa, Villasor, Villaspeciosa, Elmas, Monserrato

RICERCA AVANZATA

Distretto

Comune

Struttura

Testo

NUMERO STRUTTURE

- Ospedali 5
- Pronto soccorso 3
- Poliambulatori 5
- Ambulatori 25
- Sportelli CUP 4
- Punto unico di accesso 1
- Consultori 1
- Case famiglia 2
- Comunità alloggio 1
- Centri di salute mentale 7
- Centri diurni integrati 2
- Centri dialisi 2
- Servizi per le dipendenze 3
- Comunità terapeutiche 1
- Unità UONPIA 3
- Uffici Ticket 9
- Uffici scelta e revoca del medico 6
- Ufficio protesi e ausili 2
- Guardie mediche 18
- Guardie turistiche 2
- Farmacie e parafarmacie 68

Figura 52 – Distretto di Cagliari Ovest – ASL di Cagliari

Quando si scorre il cursore sopra la mappa in corrispondenza di un comune o di un distretto si ottiene un effetto “roll over”, ovvero di evidenziazione del comune o del distretto sottostante, e la sua identificazione mediante etichetta temporanea (TIP BOX).



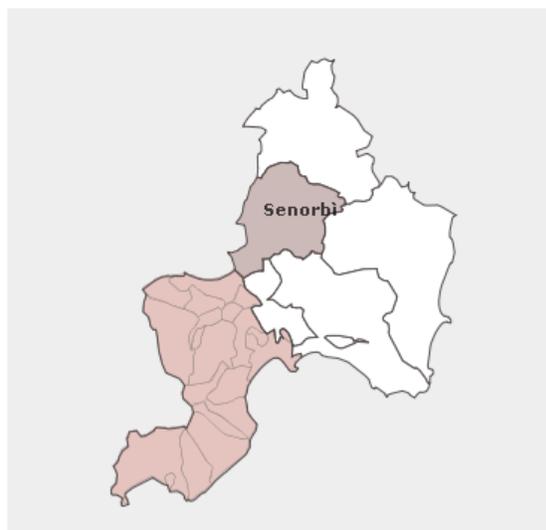
Chi siamo	Asl informa	Distretti	Argomenti	Servizi al cittadino	Servizi sanitari	Dipartimenti
Cagliari est	Cagliari ovest	Quartu Sant'Elena	Muravera	Isili ...		

aslcagliari > distretti > cagliari ovest

DISTRETTI

- Cagliari est
- > Cagliari ovest
 - Assemini
 - Cagliari
 - Capoterra
 - Decimomannu
 - Decimoputzu
 - Domus de Maria
 - Elmas
 - Pula
 - San Sperate
 - Sarroch
 - Siliqua
 - Teulada
 - Uta
 - Vallermosa
 - Villa San Pietro
 - Villasor
 - Villaspeciosa
- Quartu Sant'Elena
- Muravera
- Isili
- Senorbi

Distretto di Cagliari ovest



Responsabile
dott.ssa Giovanna Del Giudice

Sede del distretto
Cagliari, via Romagna 16 c/o Cittadella della Salute

Comuni
Assemini, Cagliari, Capoterra, Decimomannu, Decimoputzu, Domus De maria, Sarroch, Pula, San Sperate, Villa San pietro, Siliqua, Teulada, Uta, Vallermosa, Villasor, Villaspeciosa, Elmas, Monserrato

RICERCA AVANZATA

Distretto

Comune

Struttura

Testo

NUMERO STRUTTURE

- Ospedali 5
- Pronto soccorso 3
- Poliambulatori 5
- Ambulatori 25
- Sportelli CUP 4
- Punto unico di accesso 1
- Consultori 1
- Case famiglia 2
- Comunità alloggio 1
- Centri di salute mentale 7
- Centri diurni integrati 2
- Centri dialisi 2
- Servizi per le dipendenze 3
- Comunità terapeutiche 1
- Unità UONPIA 3
- Uffici Ticket 9
- Uffici scelta e revoca del medico 6
- Ufficio protesi e ausili 2
- Guardie mediche 18
- Guardie turistiche 2
- Farmacie e parafarmacie 68

Figura 53 - Distretto di Cagliari Ovest - Etichetta che mostra il nome del comune

Il click sopra un ad un distretto apre la pagina del distretto; il click sopra ad un comune visualizza le strutture sanitarie presenti nel comune stesso, aggiornando il pannello “NUMERO STRUTTURE” con il numero e la tipologia di strutture presenti nel comune scelto. Cliccando su una delle voci visualizzate in questo elenco verranno visualizzate sotto alla mappa le informazioni relative alle strutture sanitarie presenti nel comune. La stessa operazione di ricerca può essere effettuata attraverso le opportune funzionalità presenti nel pannello “RICERCA AVANZATA”.

ASL Cagliari



SISTEMA SANITARIO DELLA SARDEGNA

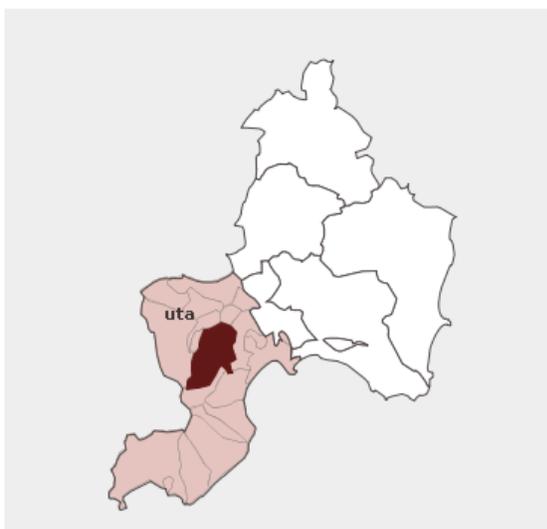
Chi siamo	Asl informa	Distretti	Argomenti	Servizi al cittadino	Servizi sanitari	Dipartimenti
Cagliari est	Cagliari ovest	Quartu Sant'Elena	Muravera	Isili ...		

aslcagliari > distretti > cagliari ovest

DISTRETTI

- Cagliari est
- > Cagliari ovest
- Assemini
- Cagliari
- Capoterra
- Decimomannu
- Decimoputzu
- Domus de Maria
- Elmas
- Pula
- San Sperate
- Sarroch
- Siliqua
- Teulada
- Uta
- Vallermosa
- Villa San Pietro
- Villasor
- Villaspeciosa
- Quartu Sant'Elena
- Muravera
- Isili
- Senorbì

Distretto di Cagliari ovest



Le strutture del comune di Uta

Da questa pagina potrai conoscere quali strutture sono presenti nel Comune da te selezionato.

Utilizza il menu di destra per visualizzare l'elenco delle strutture.

Il numero accanto ad ogni voce dà un primo risultato sulle strutture presenti

RICERCA AVANZATA

Distretto

Comune

Struttura

Testo

NUMERO STRUTTURE

Ambulatori 2
 Guardie mediche 1
 Farmacie e parafarmacie 1

Figura 54 – Distretto di Cagliari Ovest – Strutture del comune di Uta



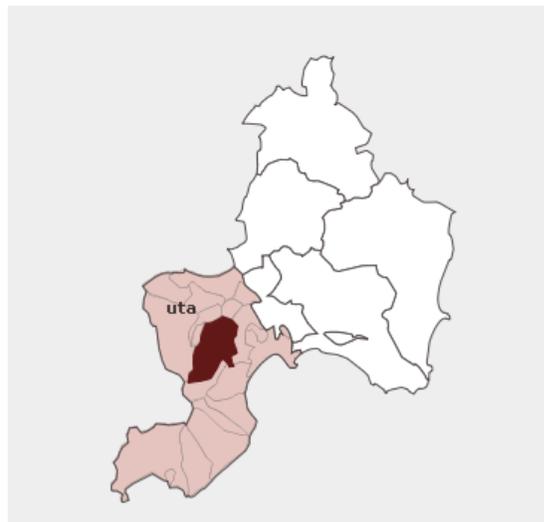
Chi siamo	Asl informa	Distretti	Argomenti	Servizi al cittadino	Servizi sanitari	Dipartimenti
Cagliari est	Cagliari ovest	Quartu Sant'Elena	Muravera	Isili ...		

aslcagliari > distretti > **cagliari ovest**

DISTRETTI

- Cagliari est
- > **Cagliari ovest**
 - Assemini
 - Cagliari
 - Capoterra
 - Decimomannu
 - Decimoputzu
 - Domus de Maria
 - Elmas
 - Pula
 - San Sperate
 - Sarroch
 - Siliqua
 - Teulada
 - Uta
 - Vallermosa
 - Villa San Pietro
 - Villasor
 - Villaspeciosa
- Quartu Sant'Elena
- Muravera
- Isili
- Senorbì

Distretto di Cagliari ovest



RICERCA AVANZATA

Distretto
 ▼

Comune
 ▼

Struttura
 ▼

Testo

NUMERO STRUTTURE

Ambulatori 2
Guardie mediche 1
Farmacie e parafarmacie 1

Ambulatori del comune di Uta

Ambulatorio di Uta
 via Santa Giusta, 63
 attività: Igiene Pubblica e profilassi

Ambulatorio di Uta
 c/o gli Uffici Comunali
 attività: Veterinario

Figura 55 – Distretto di Cagliari Ovest – Ambulatori del comune di Uta

6.1.2.ASL

La mappa delle ASL ha un comportamento analogo a quella dei distretti, con l’eccezione che il click su un distretto che fa parte dell’ASL selezionata porta alla pagina con la mappa e le risorse del distretto individuato, mentre il click su una delle ASL non selezionate (rappresentate in bianco sulla mappa), porta alla pagina di contenente i distretti dell’asl.



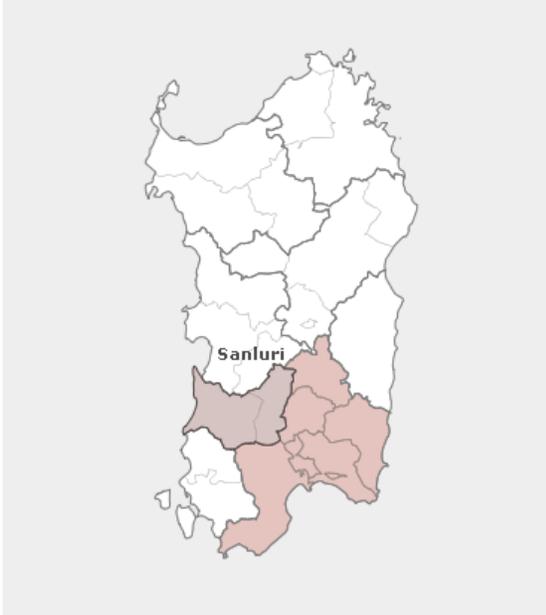
Chi siamo	Asl informa	Distretti	Argomenti	Servizi al cittadino	Servizi sanitari	Dipartimenti
Cagliari est	Cagliari ovest	Quartu Sant'Elena	Muravera	Isili	Senorbi	

aslcagliari > [distretti](#)

DISTRETTI

- Cagliari est
- Cagliari ovest
- Quartu Sant'Elena
- Muravera
- Isili
- Senorbi

I distretti della Asl di Cagliari



Un nuovo modello organizzativo
 L'assistenza distrettuale assicura sul territorio le attività di prevenzione, diagnosi, cura e promozione alla salute caratterizzate dalla forte integrazione tra interventi sanitari e sociosanitari.

RICERCA AVANZATA

Distretto

Comune

Struttura

NUMERO STRUTTURE

- Ospedali 7
- Pronto soccorso 4
- Poliambulatori 19
- Ambulatori 86
- Laboratorio analisi 1
- Sportelli CUP 11
- Punto unico di accesso 2
- Consultori 7
- Case famiglia 3
- Comunità alloggio 2
- Unità operative ADI 1
- Centri di salute mentale 10
- Centri diurni integrati 3
- Centri dialisi 7
- Servizi per le dipendenze 5
- Comunità terapeutiche 2

Sassari | Olbia | Nuoro | Lanusei | Oristano | Sanluri | Carbonia

Cos'è un distretto

Il distretto costituisce un'articolazione di un'azienda, che in un definito ambito territoriale governa la domanda sanitaria e organizza l'assistenza primaria erogata dai servizi territoriali (D. Legs 229/99). I sei distretti dell'ASL di Cagliari sono coordinati dalla Direzione sociosanitaria, il cui responsabile è il dott. Pino Frau.

Distretto di Cagliari est

Monastir, Quartucciu, Selargius, Sestu, Settimo San Pietro, Ussana.

Figura 56 – Asl di Cagliari – Etichetta sull'ASL di Sanluri

La soluzione implementata fa un piuttosto articolato delle caratteristiche già presenti in OpenLayers e di quelle che sono state realizzate all'interno delle ROJA. In particolare:

1. Per la rappresentazione in mappa sono stati utilizzati sia layer WMS che WFS anche in concomitanza.

2. Per l'evidenziazione (effetto roll over del mouse) sono stati scaricati sul browser i poligoni dei comuni, dei distretti e delle asl come vettori (mediante la loro modellazione in formato SVG o VML a seconda dei browser) e conseguentemente in una versione di geometria pesantemente semplificata rispetto al dato originale, in modo da migliorare sensibilmente le performance del download della geometria. Questi dati sono scaricati dal WFS pubblicato dal SITR ogni volta che viene caricata una delle pagine web con la mappa.
3. Sono state implementate delle funzioni AJAX per permettere all'utente di interagire con la pagina web senza provocare un refresh della stessa o un passaggio ad una nuova finestra del browser, ma aggiornando dinamicamente i componenti e gli elenchi delle strutture già presenti nella pagina stessa.

Tra le attività svolte ci sono inoltre la preparazione dei dati geometrici semplificati sul server e la configurazione di servizi di mappa OGC WFS e OGC WMS per il recupero delle informazioni dal client.

In conclusione si è dimostrato come, attraverso l'utilizzo di API javascript, è stato possibile dotare uno dei siti istituzionali della Regione Sardegna di mappe interattive, aumentando il livello di comprensione delle informazioni degli utenti ed evitando di duplicare i dati sul CMS che pubblica i contenuti del sito, il quale può continuare a svolgere il ruolo che gli compete senza la necessità di disegnare le cartografie delle ASL. Dal punto di vista della usabilità, il paradigma di navigazione del sito risulta capovolto: l'utente individua le informazioni di suo interesse interagendo direttamente con la mappa, piuttosto che utilizzare la mappa solo come componente di visualizzazione delle informazioni; ne risulta una navigazione molto più naturale ed intuitiva.

6.2.SardegnaStatistiche

SardegnaStatistiche ([SardegnaStatistiche]) raccoglie e pubblica dati statistici regionali relativi ad indici demografici, sociali ed economici e intende pubblicare assieme alle informazioni tabellari, anche tematismi cartografici che mostrano le medesime informazioni. Gli indici sono diffusi con livello di aggregazione pari al Comune. La carta

geografica regionale è navigabile attraverso le funzionalità GIS di pan e zoom. L'intensità del colore delle ripartizioni amministrative comunali indicate nella cartina mette in evidenza, con l'aiuto di una legenda, la distribuzione geografica del fenomeno osservato. In questo caso la mappa rappresenta geograficamente i dati e gli indicatori individuati dall'utente all'interno del portale, permettendo inoltre selezionare, cliccando su un comune della mappa, il valore numerico dell'indicatore relativamente al comune individuato.



Chi siamo	Sistema informativo	Statistiche	Progetti	Agenda
Consulta le statistiche	Costruisci il report	Tavole statistiche	Performance delle imprese	Dati congiunturali

sardegnaStatistiche > statistiche > consulta le statistiche > argomenti > popolazione > dinamica demografica > [tasso di celibato](#)

STATISTICHE

- Consulta le statistiche
- Guida alla consultazione
- Argomenti
 - Ambiente e Territorio
 - Economia
 - Fiscalità
 - Istruzione e Lavoro
 - Popolazione
 - Dinamica demografica
 - > [Tasso di celibato](#)
 - Popolazione straniera
 - Struttura demografica
 - Strutture familiari
 - Pubblica Amministrazione
 - Ricerca e Innovazione
 - Salute e Stato sociale
 - Società
 - Trasporti e Mobilità
 - Turismo

Elenco dati e indicatori
Glossario

Costruisci il report
Tavole statistiche
Dati congiunturali

Legenda

	172,34-235,33
	235,45-244,27
	244,48-252,84
	252,87-265,17
	265,21-334,58

Tasso di celibato

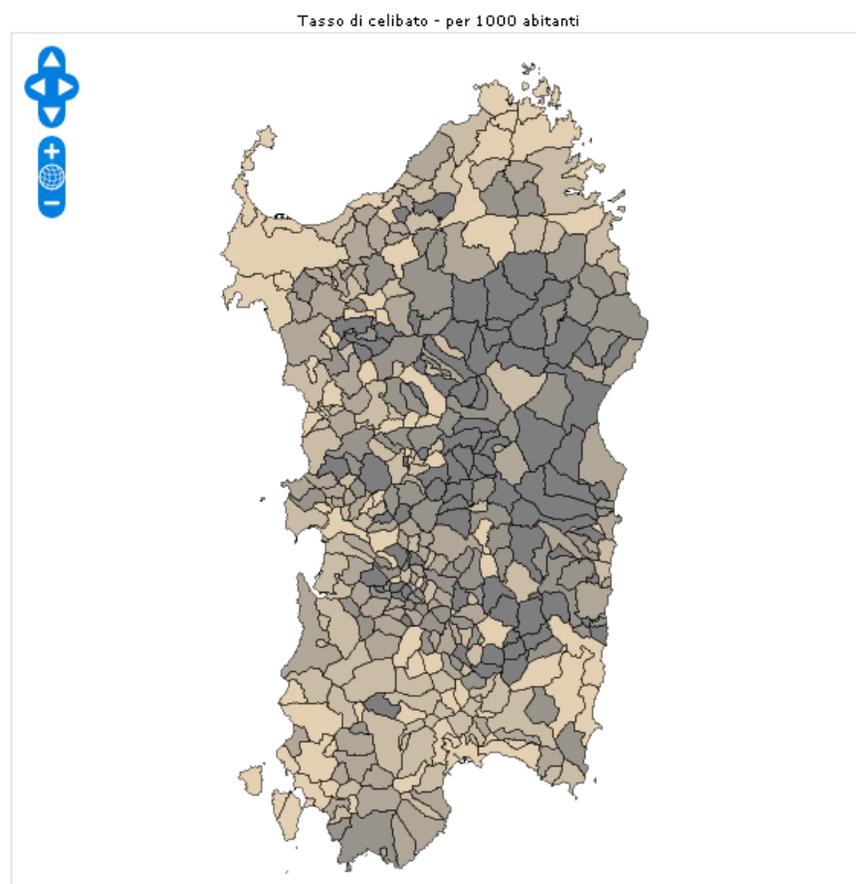
Rapporto tra celibi e l'ammontare medio della popolazione residente, moltiplicato per 1.000

Fonte: Elaborazioni OE su dati Istat - Demo demografia in cifre

Territori: [Comune](#)

Anni: 2002 2003 2004 2005 **2006**

Visualizza: Tabella [Cartografia](#)



Scarica Dati in formato testo

Figura 57 – Tasso di celibato per i comuni della Regione Sardegna

Fra i requisiti non funzionali ed i prerequisiti si evidenziano:

- La necessità di non obbligare SardegnaStatistiche a dotarsi di componenti infrastrutturali server tipici di un'infrastruttura di dati spaziali (DB spaziale, Map Server, dati geografici ...); parimenti la necessità di sfruttare gli analoghi servizi ed i dati messi a disposizione dal SITR.
- La necessità di evitare la duplicazione dei dati statistici presso il SITR per dare la massima autonomia di gestione e pubblicazione dei dati stessi a SardegnaStatistiche.
- Impossibilità da parte di SardegnaStatistiche di predisporre servizi web particolari sul proprio server (SOAP o altro), per l'interrogazione dinamica delle proprie banche dati.

La soluzione implementata è quella che prevede la possibilità di aggiungere all'oggetto mappa un layer WMS con supporto a SLD. E' stato inserito un elemento HTML all'interno della pagina prodotta da SardegnaStatistiche e tale elemento ospita l'oggetto mappa; a questo oggetto mappa si associa il layer WMS/SLD dei confini amministrativi dei Comuni esposto dal SITR ed eventualmente altri layer di sfondo. E' poi compito del sito SardegnaStatistiche produrre (staticamente o dinamicamente) gli SLD relativi alle mappe coropletiche; tali SLD contengono la definizione delle classi da presentare sulla mappa, da quali Comuni esse sono formate e con quale simbolo rappresentarle. Per produrre questi file SLD non sono necessarie informazioni cartografiche, ma occorre solamente condividere una codifica unica (meglio se ufficiale) per i Comuni; in questo caso si è scelto di utilizzare il codice Istat del Comune.

Il map server WMS/SLD esposto dal SITR legge la richiesta di tematizzazione fattagli dall'oggetto mappa e produce l'immagine relativa che rifletterà quindi la rappresentazione dell'indice statistico in esame nella pagina in questione.

Con questa soluzione si raggiunge l'obiettivo di non replicare dati geografici e tanto meno software; inoltre all'utilizzatore delle API rimane il completo controllo del proprio dato che non deve varcare la soglia del sistema informatico relativo.

Da notare che per consentire la tematizzazione del layer dei Comuni senza avere direttamente associato nel medesimo DB il dato da tematizzare, la sintassi della clausola <FILTER> utilizzata all'interno del file SLD è piuttosto prolissa. Vengono identificate infatti le "n" regole (<RULE>) che rappresentano le classi di tematizzazione e per ciascuna di esse vengono elencati i codici ISTAT dei Comuni che rientrano in tale classe concatenati

con l'operatore <OR>.

L'elaborazione di un SLD di tale formato avviene in tempi accettabili se il numero degli oggetti da tematizzare rimane confinato entro qualche centinaia; nel caso dei Comuni della Sardegna (377) le prestazioni risultano accettabili. E' stata implementata inoltre un'estensione delle librerie per fornire la legenda delle mappe coropletiche sulla base dell'SLD fornito per la tematizzazione.

A questo caso d'uso di semplice visualizzazione della mappa coropletica, si aggiunge quello che prevede l'interrogazione di un singolo Comune per consentire la lettura del dato tematizzato, specifico per l'elemento di interesse. Si tratta di "identificare" con un click del mouse il poligono indicato dal puntatore e presentare il valore dell'attributo tematizzato ed il nome del comune.

Le informazioni in questione sono di pertinenza di SardegnaStatistiche (a parte il nome o codice del Comune). L'architettura della soluzione permette a SardegnaStatistiche di esporre su web server in un formato XML prestabilito le informazioni di dettaglio relative a ciascun indice statistico visualizzato. L'interrogazione di un poligono produce l'identificazione dello stesso mediante un'azione lato server del servizio di mappa WMS (metodo GetFeatureInfo); tale servizio invia al browser un XML che contiene l'identificazione del Comune ed una funzione javascript utilizza questa informazione per recuperare sul server di SardegnaStatistiche l'informazione cercata. Tali informazioni vengono poi mostrate in un "balloon" posizionato sulla mappa nel punto cliccato.

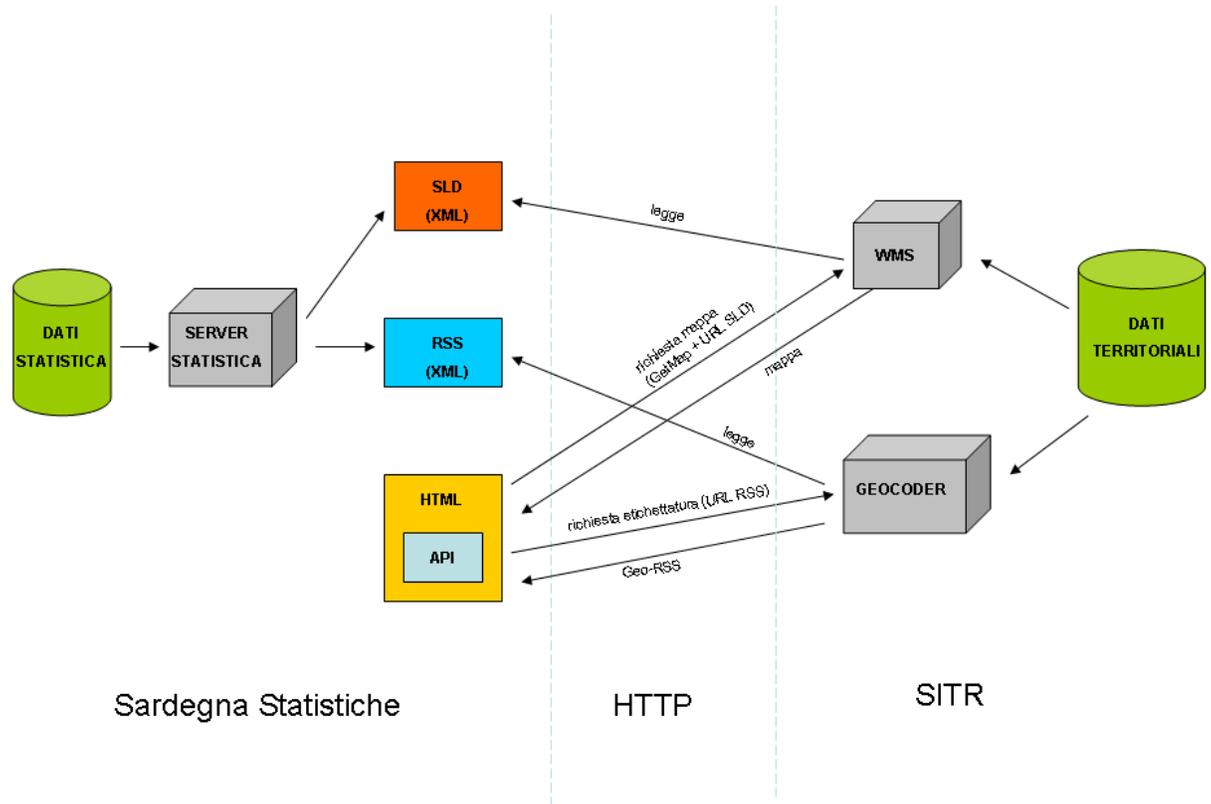


Figura 58 – Schema interazione sistemi SITR – Sardegnastatistiche

6.3. Navigatore Semplificato

Il portale de SITR ([SITR]) permette di accedere ad alcuni navigatori del territorio della Regione Sardegna. Uno di questi è il navigatore semplificato ([NavSempl]), un semplice client di consultazione cartografica che come principale requisito ha quello di essere usabile per gli utenti che hanno anche poche conoscenze di GIS. Questo client di navigazione cartografica è stato rivisto sfruttando le componenti di Roja, allo scopo di aumentare l'usabilità generale dell'applicazione. L'applicazione presentava una zoombar con 10 livelli di zoom fissi, un pannello di ricerca comune e una mappa di sintesi. I due

pannelli erano “richiudibili”, nel senso che era possibile ridurli a delle icone laterali. Per modificare il tematismo visualizzato sulla mappa bisognava cliccare sull’header della pagina sulle voci Foto 2000, Foto 2003, Foto 2006, CTR.



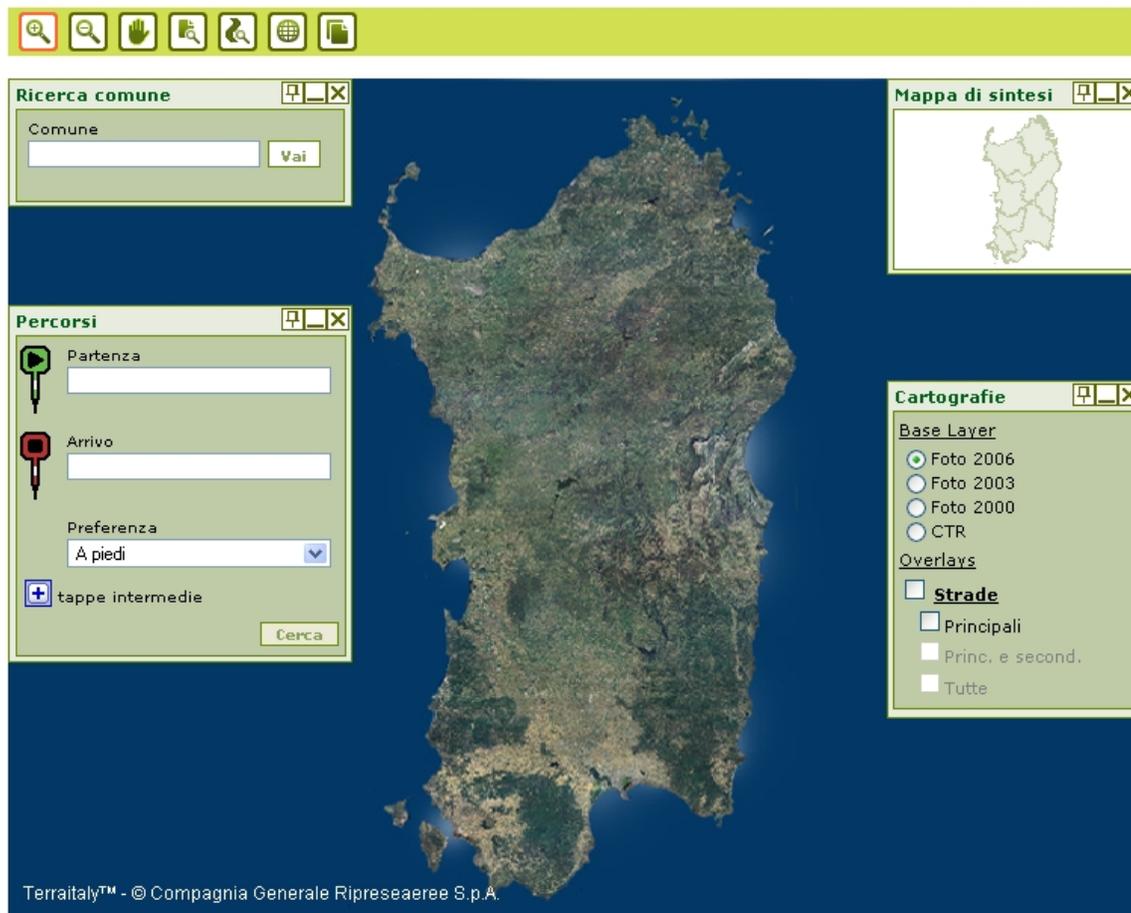
Figura 59 – Navigatore semplificato prima del refactoring

Per effettuare il refactoring di questo navigatore sono stati individuati i componenti da utilizzare per fornire all’utente le stesse funzionalità precedentemente disponibili. I componenti individuati sono:

- *Roja.Control.FloatingPanel.AutocompleteFind;*
- *Roja.Control.FloatingPanel.Overview;*
- *Roja.Control.FloatingPanel.LayerSwitcher;*

- *Roja.Control.NavToolBar*,

Inoltre si è aggiunta una nuova funzionalità, ovvero il pannello di ricerca dei percorsi (*Roja.Control.FloatingPanel.Route*).



2007 Regione Autonoma della Sardegna

Figura 60 – Navigatore semplificato dopo il refactoring

Il risultato ottenuto ([NavSemplNew]) ci permette di affermare che l'usabilità generale dell'applicazione, derivante dalle caratteristiche illustrate per i componenti Roja nel capitolo 5, risulta notevolmente aumentata. Le funzioni di pan/zoom sono ancora disponibili attraverso la toolbar, che però aggiunge altre funzionalità come la zoom box. I FloatingPanel hanno una usabilità maggiore dei pannelli overview e trova comune precedenti, derivante dalla possibilità di spostamento o riduzione ad icona, e permettono

una migliore lettura del contenuto informativo della mappa. Nella versione precedente i link per la visualizzazione di tematismi differenti sulla mappa risultavano poco leggibili e abbastanza nascosti nell'header della pagina. L'oggetto LayerSwitcher permette all'utente di comprendere quali sono i tematismi visualizzabili sulla mappa e di modificarli a piacimento. Infine la ricerca dei percorsi aggiunge una funzionalità, ovvero la possibilità di visualizzare le strade del territorio regionale e di calcolare i percorsi tra due indirizzi.

Bibliografia

[BSD]

Home page di BSD,

<http://it.wikipedia.org/wiki/BSD>

[Burrough]

Burrough P.A. 1986, *Principles of geographical information systems for land resource assessment*, Oxford University press, U.K, 194pp.

[Caprioli]

Mauro Caprioli, *I Sistemi Informativi Geografici*,

http://www.poliba.it/Ricerca/Dipartimenti/Vie_e_Trasporti/dispense/caprioli/GIS.pdf

[CEN TC287]

Home Page di CEN TC287,

<http://www.centc287.org/>

[Cipriano]

Piergiorgio Cipriano, Martin Ford, *Quanti e quali standard per le informazioni geografiche?*, Conferenza Tematica AMFM 2006,

<http://www.amfm.it/conferenza2006/atti/cipriano.pdf>

[FSF]

Home Page di Free Software Foundation,

<http://www.fsf.org/>

[FreeGIS]

Home Page di FreeGIS,

<http://freegis.org>

[GeoServer]

Home page di GeoServer,

<http://www.geoserver.org>

[GeoTools]

Home Page di GeoTools,

<http://geotools.codehaus.org/>

[GFOSS]

Home page di GFoss,

<http://gfoss.it>

[INSPIRE]

Home page della direttiva INSPIRE,

<http://www.ec-gis.org/inspire/>

[ISO TC211]

Home page di ISO TC211,

<http://www.isotc211.org/>

[Krechmer]

Krechmer K., *Open Standards Requirements*, The International Journal of IT Standards and Standardization Research, Vol. 4 No. 1, January – June 2006,

<http://www.csrstds.com/openstds.pdf>

[Maffulli]

Stefano Maffulli, *Interoperabilità, Free/Libre Gis Software e Open Standard*, Conferenza Tematica AMFM 2006,

<http://www.amfm.it/conferenza2006/atti/maffulli1.pdf>

[Ndocs]

Home page di NaturalDocs,

<http://www.naturaldocs.org/>

[NavSempl]

Navigatore semplificato della Regione Sardegna,

<http://webgis.regione.sardegna.it/navigatore/>

[NavSemplNew]

Navigatore semplificato della Regione Sardegna basato su Roja,

http://webgis.regione.sardegna.it/navigatore_new/

[OGC]

Home page di Open Geospatial Consortium,

<http://www.opengeospatial.org/>

[OpenLayers]

Home page di OpenLayers,

<http://www.openlayers.org/>

[OSGEO]

Home page di OSGeo,

<http://osgeo.org>

[OSI]

Home page di Open Source Initiative,

<http://www.opensource.org/>

[Prototype]

Home page di Prototype,

<http://www.prototypejs.org/>

[Rico]

Home page di Rico,

<http://openrico.org/>

[Roja]

Home page del progetto Roja,

<http://webgis.regione.sardegna.it/roja/>

[S3D]

Home page del navigatore 3D della Regione Sardegna,

<http://www.sardegna3d.it/>

[SardegnaStatistiche]

Home page di *SardegnaStatistiche*, il portale delle statistiche della Regione Sardegna,

<http://www.sardegna statistiche.it/>

[SardegnaSalute]

Home page di *SardegnaSalute*, il portale della sanità della Regione Sardegna,

<http://www.sardegna salute.it/>

[Schuetze]

Emanuel Schuetze, *Current state of technology and potential of Smart Map Browsing in web browsers*,

http://www.smartmapbrowsing.org/index_en.html

[SITR]

Home Page del Sistema Informativo Territoriale Regionale della Sardegna,

<http://www.sardegna.territorio.it>

[SLD]

Style Layer Descriptor Implementation Specification,

<http://www.opengeospatial.org/standards/sld/>

[SLD 1]

GeoServer SLD Tutorial,

<http://docs.codehaus.org/display/GEOSDOC/SLD+Intro+Tutorial/>

[SLD 2]

Andrea Aime, *Geoserver, protocollo WMS*

http://geomatica.como.polimi.it/corsi/sw_gis/4_WMS.pdf

[TAW]

Home page di Test.AnotherWay,

<http://straytree.com/TestAnotherWay/doc/index.html>

[Vico]

Franco VICO, *Il processo di definizione degli standard geografici a livello internazionale ed europeo*, 10° Conferenza Nazionale ASITA, 17 Novembre 2006,

<http://www.amfm.it/eventi/2006/asita/interventi/vico.pdf>

[WebGis]

WebGis e Geoservizi, documentazione sul sito di Gfoss.it,

<http://www.gfoss.it/drupal/webgis>

[WIKI]

Articoli vari su Wikipedia,

<http://www.wikipedia.it>

[WFS]

Web Feature Service Implementation Specification,

<http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>

[WMS]

Web Map Service Implementation Specification,

http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416

[WMS-C]

Home page dello standard WMS Tile Caching,

http://wiki.osgeo.org/wiki/WMS_Tile_Caching

Lista delle Abbreviazioni

AJAX	<u>A</u> ynchronous <u>J</u> avaScript and <u>X</u> ML
AM/FM.	<u>A</u> utomated <u>M</u> apping / <u>F</u> acility <u>M</u> anagement
API	<u>A</u> pplication <u>P</u> rogramming <u>I</u> nterface
ASL	<u>A</u> zienda <u>S</u> anitaria <u>L</u> ocale
BSD	<u>B</u> erkeley <u>S</u> oftware <u>D</u> istribution
CAM	<u>C</u> omputer <u>A</u> ssisted <u>M</u> apping
CEN	<u>C</u> omité <u>E</u> uropéen de <u>N</u> ormalisation
CERL	<u>C</u> onstruction <u>E</u> ngineering <u>R</u> esearch <u>L</u> aboratory
CMS	<u>C</u> ontent <u>M</u> anagement <u>S</u> ystem
CSS	<u>C</u> ascading <u>S</u> tyl <u>S</u> heets
CTR	<u>C</u> arta <u>T</u> ecnica <u>R</u> egionale
CVS	<u>C</u> oncurrent <u>V</u> ersions <u>S</u> ystem
CT.....	<u>C</u> oordinate <u>T</u> ransformation
DBMS	<u>D</u> ata <u>B</u> ase <u>M</u> anagement <u>S</u> ystem
DEM	<u>D</u> igital <u>E</u> levation <u>M</u> odels
DOM	<u>D</u> ocument <u>O</u> bject <u>M</u> odel
DSS	<u>D</u> ecision <u>S</u> upport <u>S</u> ystem
DWF	<u>D</u> esign <u>W</u> eb <u>F</u> ormat
EPC	<u>E</u> uropean <u>P</u> atent <u>C</u> onvention
EPO	<u>E</u> uropean <u>P</u> atent <u>O</u> ffice
FS	<u>F</u> ree <u>S</u> oftware
FSF	<u>F</u> ree <u>S</u> oftware <u>F</u> oundation
GIF	<u>G</u> raphics <u>I</u> nterchange <u>F</u> ormat
GIS	<u>G</u> eographic <u>I</u> nformation <u>S</u> ystem
GML	<u>G</u> eography <u>M</u> arkup <u>L</u> anguage
GPL	<u>G</u> NU <u>G</u> eneral <u>P</u> ublic <u>L</u> icense
CSW	<u>C</u> atalogue <u>S</u> ervice for <u>W</u> eb
GRASS	<u>G</u> eographic <u>R</u> esources <u>A</u> nalysis <u>S</u> upport <u>S</u> ystem

HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IDT	Infrastruttura Dati Territoriali
IETF	Internet Engineering Task Force
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
ISO	International Standard Organization
JPG/JPEG	Joint Photographic Experts Group
KML	Keyhole Markup Language
LGPL	GNU Lesser General Public License
LIS	Land Information Systems
MrSID	Multiresolution Seamless Image Database
OGC	Open Geospatial Consortium
OLS	OGC Location Services
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
OSI	Open Source Initiative
PDF	Portable Document Format
PNG	Portable Network Graphics
ROJA	Ras OpenLayers Javascript API
RSS	Really Simple Syndication
SFS	Simple Features Sql
SIT	Sistema Informativo Territoriale
SITR	Sistema Informativo Territoriale Regionale
SLD	Styled Layer Descriptor
SQL	Structured Query Language
SVG	Scalable Vector Graphics
TIS	Topographic Information Systems
TMS	Tiled Map Service
TOC	Table Of Contents
URL	Uniform Resource Locator
UTM	Universal Transverse Mercator

WCS Web Coverage Service
WebCGM Web Computer Graphics Metafile
WebGIS Web-based Geographic Information System
WFS Web Feature Service
VML Vector Markup Language
WMS Web Map Service
WMS-C Web Map Service-Cached

Appendice A - Class Diagram

