

VISTE 3D E ANALISI DI VISIBILITÀ CON DATI E SOFTWARE OPEN: UN CONTRIBUTO CARTOGRAFICO A SUPPORTO DELLE POLITICHE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA E DEI BENI CULTURALI

3D VIEWS AND VISIBILITY ANALISYS USING OPEN DATA AND OPEN SOFTWARE TO SUPPORT POLICIES FOR LANDSCAPE AND CULTURAL HERITAGE ENHANCEMENT

Paola Guerreschi e Franco Vico*

Riassunto

Il paper illustra alcune metodologie per produrre visualizzazioni GIS a supporto delle politiche di valorizzazione paesaggistica, dei beni culturali e dei connessi processi decisionali. Si tratta di viste 3D navigabili, analisi di visibilità e analisi per il riconoscimento delle unità sceniche di paesaggio: sono state elaborate a partire da dati *open* avvalendosi di un *software GIS open*, in una sperimentazione didattica universitaria presso il Politecnico di Torino.

Abstract

The paper presents some methods to produce GIS views to support policies for enhancing landscape and cultural heritage, and their related decision-making processes. They are navigable 3D views, visibility analyses, and analyses for the recognition of scenic units: they were developed using open data and open GIS software in a university course at the Politecnico di Torino.

Keywords: GIS, scenic assessment, viewshed, open data, open software

I. Introduzione

Questo paper propone una riflessione su un'esperienza fatta utilizzando un *software open* con gli studenti del Corso di Laurea in Pianificazione territoriale, urbanistica e paesaggistico-ambientale del Politecnico di Torino nell'anno accademico 2011-12. I concetti teorici basilari per inquadrare nella giusta prospettiva questa esperienza applicativa sono stati forniti agli studenti in altri corsi. Le tecniche descritte nel paper (viste 3D navigabili, analisi di visibilità e analisi per il riconoscimento delle unità sceniche di paesaggio) possono, ad esempio, essere utili come supporto nella redazione dei piani paesaggistici e nella tutela dei beni architettonici. Questi metodi presentano un modesto contenuto teorico ma una relativamente complessa fase di elaborazione.

* Politecnico e Università di Torino, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio

In questo momento in cui c'è una crescente attenzione al riuso e alla condivisione dei dati e all'utilizzo di strumenti *software open* è apparso coerente utilizzare, in un'esperienza didattica, dati *open* e un GIS *open*. Il *software* GIS utilizzato è stato Quantum GIS 1.7 Wroclaw ¹.

La scelta di utilizzare questo *software* con gli studenti è stata influenzata dal fatto che la Regione Piemonte e altri soggetti istituzionali piemontesi (Arpa Piemonte, Comune di Torino...) l'hanno cominciato a usare al loro interno e lo supportano con corsi di formazione rivolti ai loro funzionari e con la produzione di documentazione.

Per quanto riguarda i dati, la Regione Piemonte è attiva nella direzione degli *open data*, di "liberare i propri dati", da un paio di anni ². È stato predisposto un sito specifico, chiamato DATI.Piemonte ³, attraverso il quale vengono resi accessibili oltre 300 *dataset*. Una parte dei dati geografici utilizzati nell'esperienza didattica sono stati acquisiti attraverso DATI.Piemonte: si tratta della Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) alla scala 1:10.000. Più in particolare, la CTRN è stata scaricata attraverso il Repertorio Cartografico regionale ⁴ a cui DATI.Piemonte rimanda. Gli studenti hanno eseguito il *download* delle sezioni dell'area d'interesse (Alta Val Susa) della CTRN georiferita nel sistema di riferimento WGS84 UTM 32 Nord, acquisita dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte negli anni 1991-2005.

L'altro *dataset* utilizzato sono le ortofoto, sempre in scala 1:10000: al momento non sono comprese tra i dati scaricabili da siti regionali. La Regione Piemonte ci ha fornito direttamente le ortofoto da utilizzare nel corso (per fini didattici).

L'area di studio è stata l'Alta Val Susa (Provincia di Torino). L'Alta Valle è un'area montana, a una quota superiore agli 800 metri, modellata dai ghiacciai e dal fiume. Presenta porzioni più strette alternate a zone in cui la valle si allarga. È percorsa da un'autostrada abbastanza visibile, elemento di detrazione paesaggistica nonché da una ferrovia e da una strada statale meno invasive. La Valle ha diversi beni architettonici, tra cui alcuni di natura militare: nel territorio del Comune di Exilles troviamo, in corrispondenza di una strettoia, su uno sperone roccioso, uno dei più importanti complessi difensivi del Piemonte, il Forte di Exilles. Un'altra importante traccia della storia militare della valle di cui ci siamo occupati, si trova in una valle laterale, nel territorio del Comune di Bardonecchia allo sbocco della galleria del Frejus: è il Forte di Bramafam. Qui però sono riportate solo le elaborazioni effettuate relative al Forte di Exilles.

¹ La versione di QGIS attualmente disponibile (settembre 2012) è la 1.8 Lisboa: per quanto riguarda i *tool* qui descritti non presenta significativi cambiamenti.

² Il riferimento normativo nazionale iniziale è stato il D.Lgs 36/06 *Disciplina le modalità di riutilizzo dei documenti contenenti dati pubblici nella disponibilità delle pubbliche amministrazioni*.

Il riferimento normativo più recente e più comprensivo è stato inserito nella *Spending review* (D.L. 6 luglio 2012, n. 95, art. 23 comma 12-quaterdecies, convertito dalla Legge 7 agosto 2012, n. 135 "...tutti i dati e le informazioni, acquisiti dal suolo, da aerei e da piattaforme satellitari nell'ambito di attività finanziate con risorse pubbliche, sono resi disponibili per tutti i potenziali utilizzatori..").

Parecchie regioni (tra cui il Piemonte) negli anni 2011-2012 si sono date Leggi Regionali sugli *open data*.

³ <http://www.dati.piemonte.it/> (ultimo accesso 15-09-2012).

⁴ "Il Repertorio Cartografico tematico consente l'accesso on-line ad alcune informazioni geografiche messe a disposizione dalla Regione Piemonte, ordinate a seconda di categorie tematiche estratte dal SITAD (Sistema Informativo Territoriale Ambientale Diffuso), l'infrastruttura geografica regionale che mette a disposizione un ampio Catalogo Metadati dei dati geografici alimentato da tutti gli enti regionali aderenti. Per tutti i dati raccolti nel Repertorio Cartografico sono consultabili i metadati, realizzati secondo gli standard Dublin Core e ISO 19115, ed è possibile il download nei formati GIS più diffusi con licenza d'uso CC-BY 2.5. È inoltre possibile consultare la cartografia regionale prodotta ed estrarla per porzioni identificate dall'utente"

<http://www.regione.piemonte.it/repcarj/welcome.do> (ultimo accesso 15-09-2012).

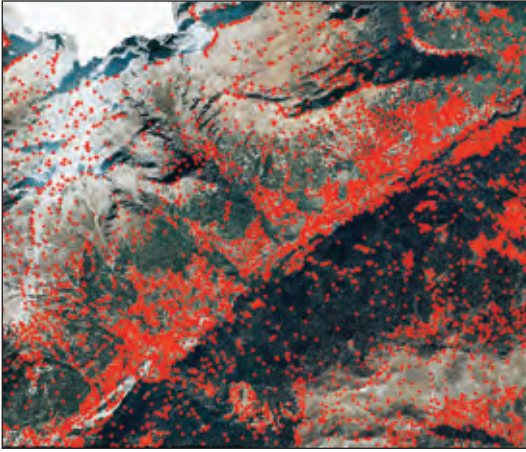


Fig. 1 – Individuazione dei punti quotati al suolo.

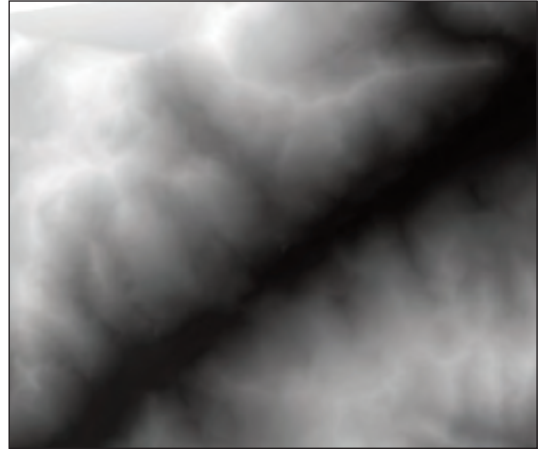


Fig. 2 – Interpolazione spaziale in Quantum GIS.

2. Le viste 3D navigabili

Le viste 3D navigabili sono utili all'esplorazione qualitativa del paesaggio nell'area oggetto di studio. Per produrle abbiamo dovuto elaborare opportunamente i dati cartografici e operare alcune semplificazioni.

Le CTRN è suddivisa in fogli, ad ognuno di essi corrispondono 16 sezioni. Le sezioni sono memorizzate in 4 *shapefile*. Come noto gli *shapefile* possono contenere un solo tipo di geometria: il primo *shapefile* riguarda gli elementi puntuali, il secondo contiene tutte le informazioni di natura areale, il terzo comprende le informazioni lineari, tra cui le curve di livello, l'ultimo, di natura testuale, include le informazioni toponomastiche e altri elementi grafici. Dal livello informativo puntuale abbiamo estratto esclusivamente i punti quotati al suolo. Hanno una distribuzione molto variabile: per esempio sono ravvicinati nei centri abitati o nei territori più accidentati di montagna, più distanziati in territori con variazioni altimetriche modeste o morbidi pendii. (Fig. 1)

Per generare la superficie che rappresenta l'andamento altimetrico del terreno è stato utilizzato il metodo dell'interpolazione spaziale in Quantum GIS. Il *raster* dell'elevazione riproduce l'andamento del territorio: l'intensità di colore più chiaro rappresenta le altitudini più elevate, il fondovalle, a quote inferiori, invece è rappresentato con il colore più scuro. È un elaborato preparatorio alla realizzazione delle viste in 3D. Se utile, sarebbe possibile tematizzare questo prodotto per classi altimetriche.

L'elaborazione consiste di due passaggi logici principali. Dai punti quotati si genera il TIN (*Triangular Irregular Network*) costituito da tante faccette che approssimano l'andamento del terreno. Questo prodotto rappresenta una geometrizzazione della superficie: la presenza di numero maggiore di faccette dipende dalla densità dei punti quotati. Il passo successivo è la generazione di un file *raster* in cui a ogni cella è attribuito il valore della quota ricavato dal TIN.

In ArcGIS questi due passi sono distinti. In Quantum GIS, invece, sono "impacchettati": con il *tool interpolation* si ottiene direttamente il file *raster*. QGIS non rende visibile il passaggio intermedio.

Volendo visualizzare la triangolazione generata dai punti quotati, in QGIS si possono creare i triangoli di Delauney (Fig. 3).

3. Le elaborazioni in Quantum GIS

Quantum GIS è un *software open* costituito da un pacchetto base in cui sono presenti i principali *tool*: le sue funzionalità sono estese attraverso l'uso di *plugin* che vanno installati successivamente. Noi abbiamo

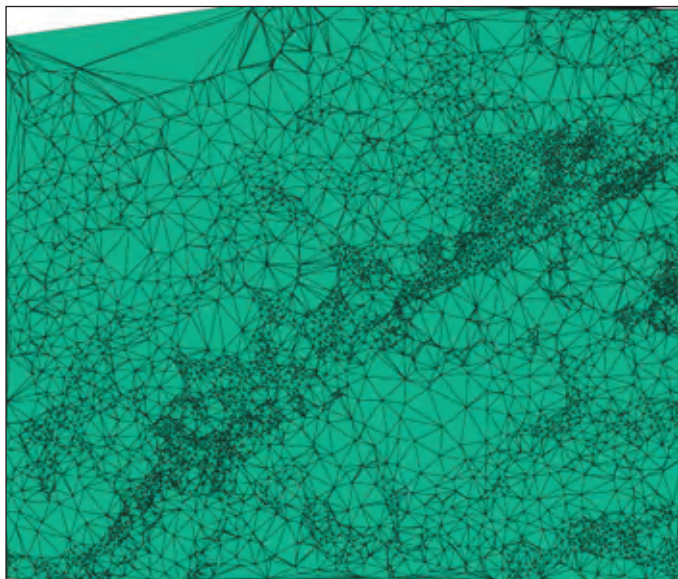


Fig. 3 – I triangoli di Delauney in Quantum GIS.

utilizzato il *plugin* GRASS, che in realtà è un *software* GIS *open source* con una lunga storia autonoma. GRASS viene installato di *default* insieme con QGIS, ed è del tutto integrato nell'interfaccia grafica di QGIS. In sostanza però rimane un *software* a se stante, sostanzialmente non integrato: in particolare richiede specifici formati di file. Per passare da QGIS a GRASS sono necessarie operazioni di *import* e di *export* dei *dataset*. In GRASS tutte le elaborazioni inoltre devono avvenire all'interno di una regione attiva (*region*), creata all'interno di un *mapset* di GRASS in precedenza definito e con la risoluzione in *pixel* lì definita. La dimensione dei *pixel*, cioè la risoluzione del *raster* è decisiva nelle successive elaborazioni *raster*.

La *region* è di incerto controllo e la sua effettiva delimitazione si ripercuote sulle dimensioni del *pixel*. La gestione della dimensione delle celle del *raster* è certamente un punto critico, in particolare quando fosse necessario effettuare operazioni di *map algebra*, operazioni necessarie in parecchi casi e consentite solo su *file raster* con cella di medesima dimensione.

Tutte le elaborazioni in 3D successive all'interpolazione sono elaborate utilizzando GRASS.

4. Generazione delle viste 3D

Per ottenere visualizzazioni navigabili in 3D si usa il *tool* NVIZ con *file* in precedenza importati in GRASS nel formato idoneo.

Abbiamo ottenuto, con la veste grafica della vista in 3D di *default*, una rappresentazione a colori sfumati, attribuiti alle faccette che modellano l'andamento morfologico del territorio, con scala cromatica dal rosso al giallo passando attraverso il verde e il blu (Fig. 4).

Per rendere più realistica la visualizzazione è possibile drappeggiare l'ortofoto sul modello altimetrico (Fig. 5).

La figura 6 schematizza il flusso di lavoro: il *workflow* è disegnato utilizzando la simbologia di *Model Builder* di ArcGIS. Non sono stati riportati i passaggi iniziali necessari per l'estrazione dei punti quotati. Nei rispettivi *box* sono rappresentate le operazioni e i prodotti ottenuti in QGIS e quelli in GRASS: possiamo vedere che restano due ambienti sostanzialmente distinti.

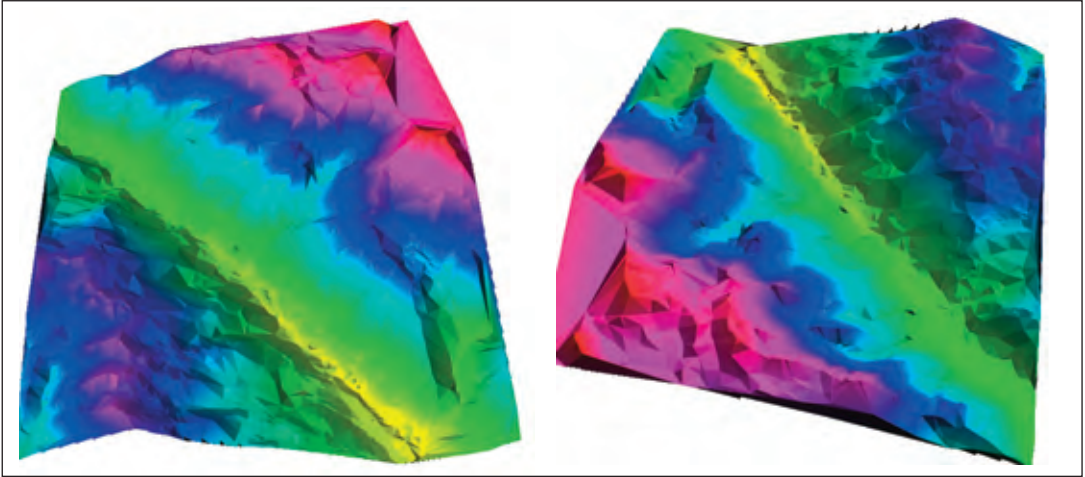


Fig. 4 – Viste in 3D del modello altimetrico.

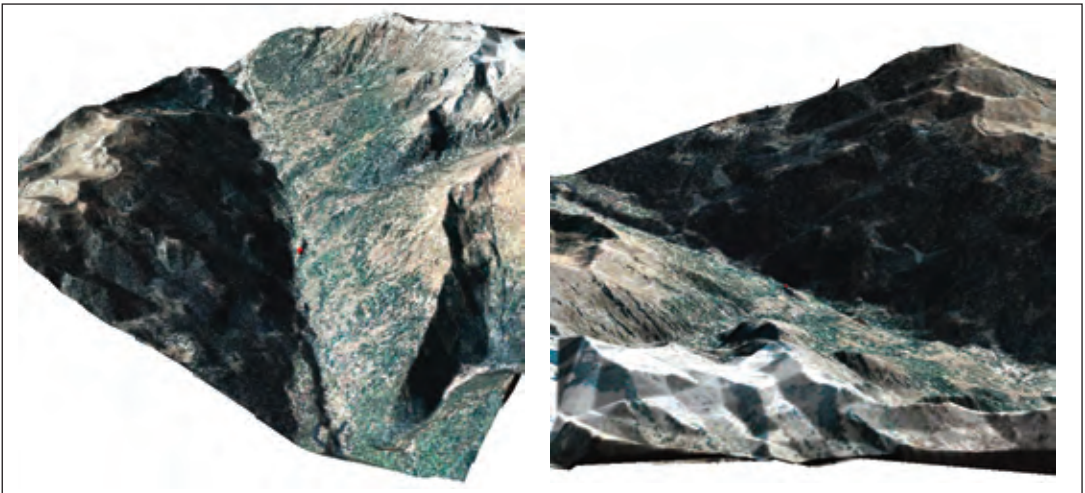


Fig. 5 – Viste in 3D del modello altimetrico con drappeggiata l'ortofoto.

5. Analisi di visibilità

Per descrivere le analisi di visibilità utilizzeremo i concetti e i termini *viewshed* e *observer points*.

Il termine *viewshed* è stato introdotto a fine anni '60⁵, in analogia a *watershed* (bacino idrografico).

Viewshed è l'area che può essere vista da una determinata posizione o da una linea (una serie di punti) di osservazione. Otteniamo la visualizzazione delle aree in funzione della morfologia del terreno e della posizione (ed eventualmente elevazione sul terreno) del punto di osservazione. Le *viewshed* sono abbastanza

⁵ Cfr. Nijhuis S. et al., 2011, p 30.

comunemente utilizzate nel campo della pianificazione territoriale e paesaggistica e in architettura. Ma non solo, sono ad esempio utilizzate per decidere il posizionamento delle antenne per telefonia mobile etc.

L'*observer points* è l'inverso di *viewshed*: calcola quali e quanti punti di "osservazione" sono visibili da ogni cella dell'area di indagine. I punti di "osservazione" possono essere punti di detrazione paesaggistica: è quindi un *tool* utilizzabile, ad esempio, per analizzare l'impatto di una nuova infrastruttura. Il termine *observer points* è di uso meno generale di *viewshed*: in particolare è usato da ArcGIS.

La figura 7 schematizza i due concetti: quale porzione di territorio si vede da un punto, quali e quanti punti si vedono da ogni cella dell'area di indagine. Il problema geometrico sotteso ai due concetti è lo stesso: è necessario che la linea retta che congiunge A con B non incontri alcun ostacolo. Quantum GIS di fatto parla solo di *line of sight* e propone un unico *tool*.

Sono presentate alcune delle elaborazioni fatte sulla visibilità da punti panoramici e di punti di detrazione paesaggistica.

Nel primo caso il nostro punto di osservazione è collocato ai piedi del forte di Exilles. Il metodo è adatto anche, ad esempio, per tratti di strada panoramica.

Le *viewshed* sono state elaborate in GRASS con l'uso del *tool* "*line of sight raster analysis*" (indicato con l'acronimo *r.los*)⁶. I parametri inseriti sono i seguenti: il modello altimetrico, le coordinate del punto di vista, l'altezza del punto da cui guardo (ad esempio l'altezza del mio occhio, l'altezza di un campanile...) e la distanza massima dal punto di osservazione che intendo considerare. La figura 8a mostra la posizione del punto di vista. Nella figura 8b le aree visibili sono tratteggiate in blu. Il *tool* di GRASS restituisce per ogni cella l'angolo visuale misurato in verticale secondo cui la cella è visibile dal punto di vista⁷, per le celle non visibili viene assegnato il valore NULL: non ci sono chiari i possibili usi di questa informazione.

Per ottenere viste 3D navigabili delle aree visibili abbiamo utilizzato di nuovo il *tool* NVIZ di GRASS (Fig. 9).

Abbiamo detto di aver usato, per produrre il modello altimetrico, solo punti quotati al suolo. In particolare non abbiamo modellato il volume architettonico del Forte di Exilles: quindi l'elaborazione prescinde dalla presenza del Forte stesso.

Nelle elaborazioni non sono stati introdotti altri parametri, che per alcuni tipi di applicazioni sono invece considerati: ad esempio l'indice di rifrazione degli strati bassi dell'atmosfera, la tersità dell'aria etc.

Il secondo caso riguarda la visibilità di punti di detrazione paesaggistica (*observer points*).

Quantum GIS non propone un *tool* specifico: come spiegato i due concetti di *viewshed* e *observer points* sono uno l'inverso dell'altro. Chi legge la figura 8b può interpretare l'area tratteggiata come quella che si vede da un determinato punto di vista, oppure come quella da cui vedo quel particolare punto.

Per l'analisi di visibilità di elementi di detrazione paesaggistica, proponiamo l'esempio di un elemento di detrazione di tipo lineare, un viadotto dell'autostrada A32 Torino-Bardonecchia, alcuni chilometri dopo il forte di Fenestrelle.

⁶ Esiste una versione di sviluppo di questo *tool* inserito in GRASS che è più veloce e che è denominato *r.viewshed*, cfr. http://grass.osgeo.org/wiki/GRASS_AddOns#r.viewshed. Per questo lavoro non lo abbiamo usato.

⁷ "*r.los generates a raster output map in which the cells that are visible from a user-specified observer position are marked with the vertical angle (in degrees) required to see those cells (viewshed). A value of 0 is directly below the specified viewing position, 90 is due horizontal, and 180 is directly above the observer. The angle to the cell containing the viewing position is undefined and set to 180*".

ftp://ftp.rzrn.uni-hannover.de/pub/mirror/grass/manuals/html70_user/r.los.html

Il corrispondente *tool* in ArcGIS (*viewshed*) assegna il valore 1 alle celle visibili e il valore 0 alle celle non visibili: il *raster* risultante è assai più facile da maneggiare.

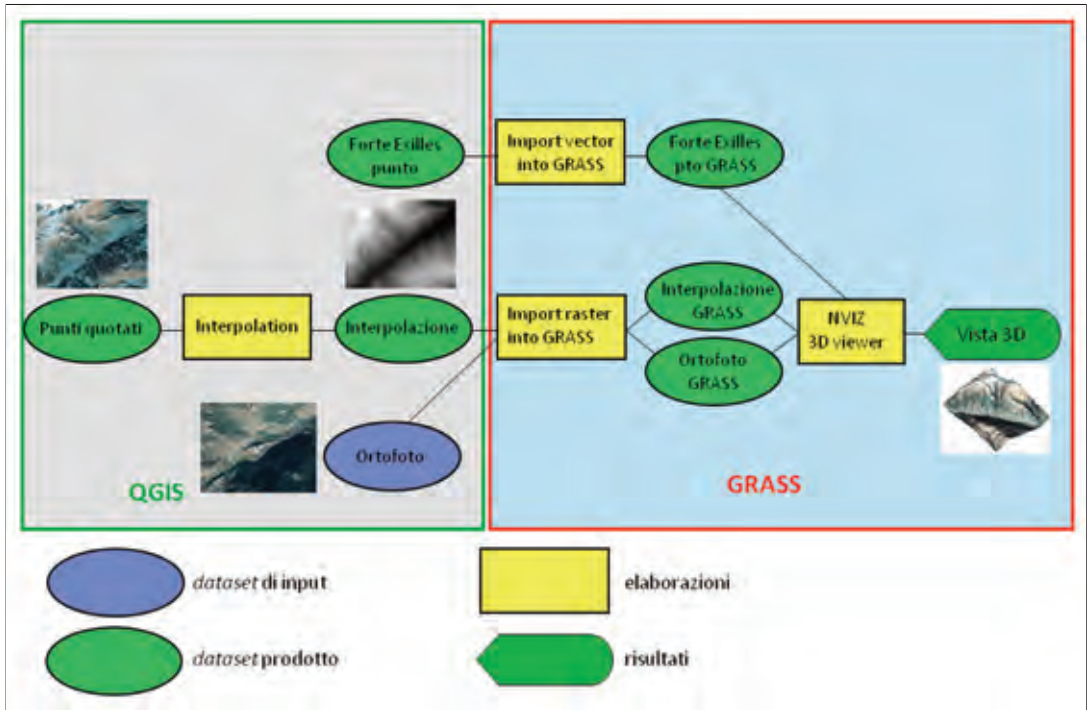


Fig. 6 – Workflow delle viste 3D.

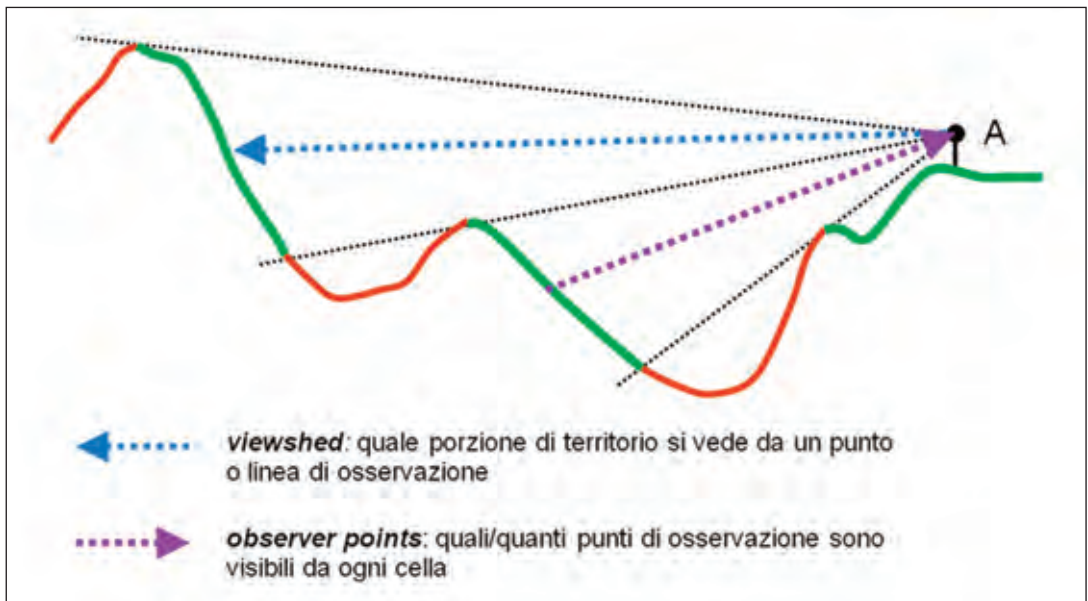


Fig. 7 – Schematizzazione dei concetti viewshed e observer points



Fig. 8a – Forte di Exilles: collocazione del punto di vista.



Fig. 8b – Forte di Exilles: aree visibili.

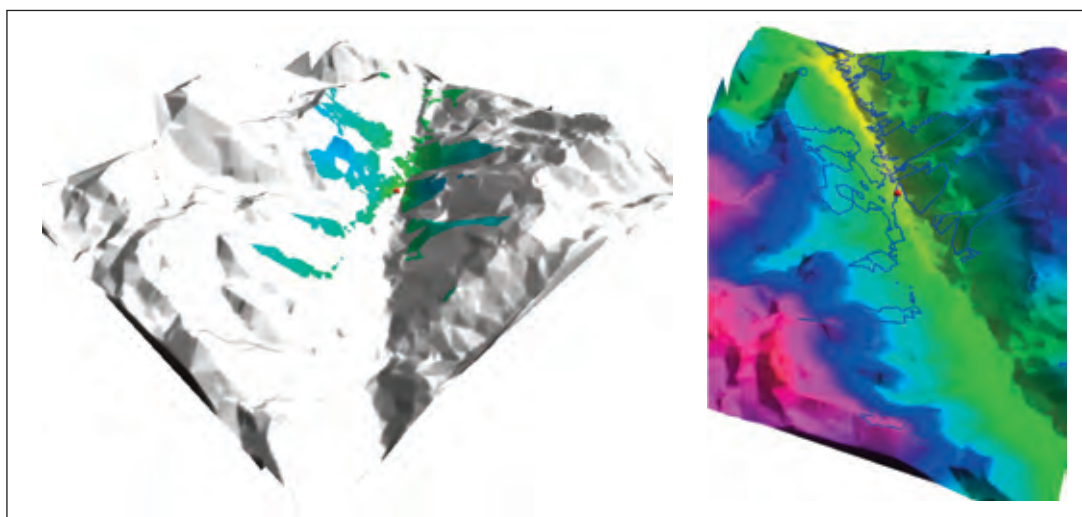


Fig. 9 – Visualizzazioni 3D della viewshed dal Forte di Exilles.

Il software tratta solo elementi puntuali. Gli elementi di detrazione lineari o areali vanno rimodellati individuando un set di punti rappresentativi campione. Il viadotto è stato rimodellato considerando 3 punti posizionati agli estremi del viadotto e in un punto centrale (Fig. 11).

Per ciascun punto è stata elaborata l'analisi di visibilità. Ciascuna immagine (Figg. 12a, b, c) rappresenta l'area da cui uno dei 3 punti è visibile.

Per ottenere il risultato complessivo ricercato è necessario sovrapporre le tre aree di visibilità usando la *map algebra*, avendo preventivamente impostato in GRASS la dimensione del *pixel* della *region* attiva: la condizione dell'uguaglianza dimensionale del *pixel* è critica per ottenere un risultato corretto (Fig. 12d). La visualizzazione di *default* utilizza una scala di colori legati alla quota del *pixel*. Tutte le visualizzazioni di figura 12 sono sovrapposte a un'ortofoto a colori.

La figura 13 schematizza il flusso di lavoro necessario per produrre analisi di visibilità di punti di detrazione paesaggistica. Anche questa volta sono stati omessi i passaggi iniziali.

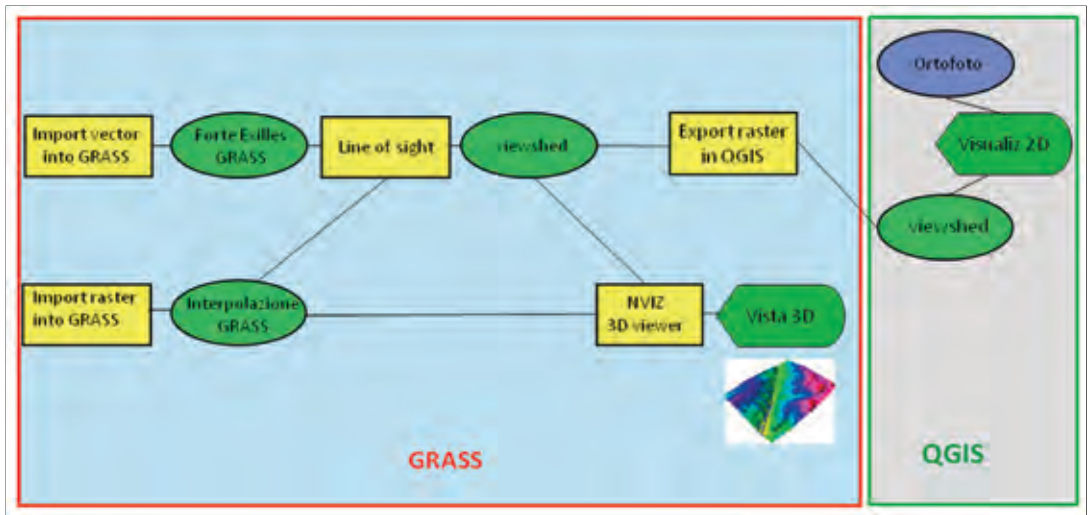


Fig. 10 – Workflow per l'elaborazione della viewshed da punti panoramici.



Fig. 11 – Analisi di visibilità di elementi di detrazione paesaggistica: un viadotto autostradale sulla A32.

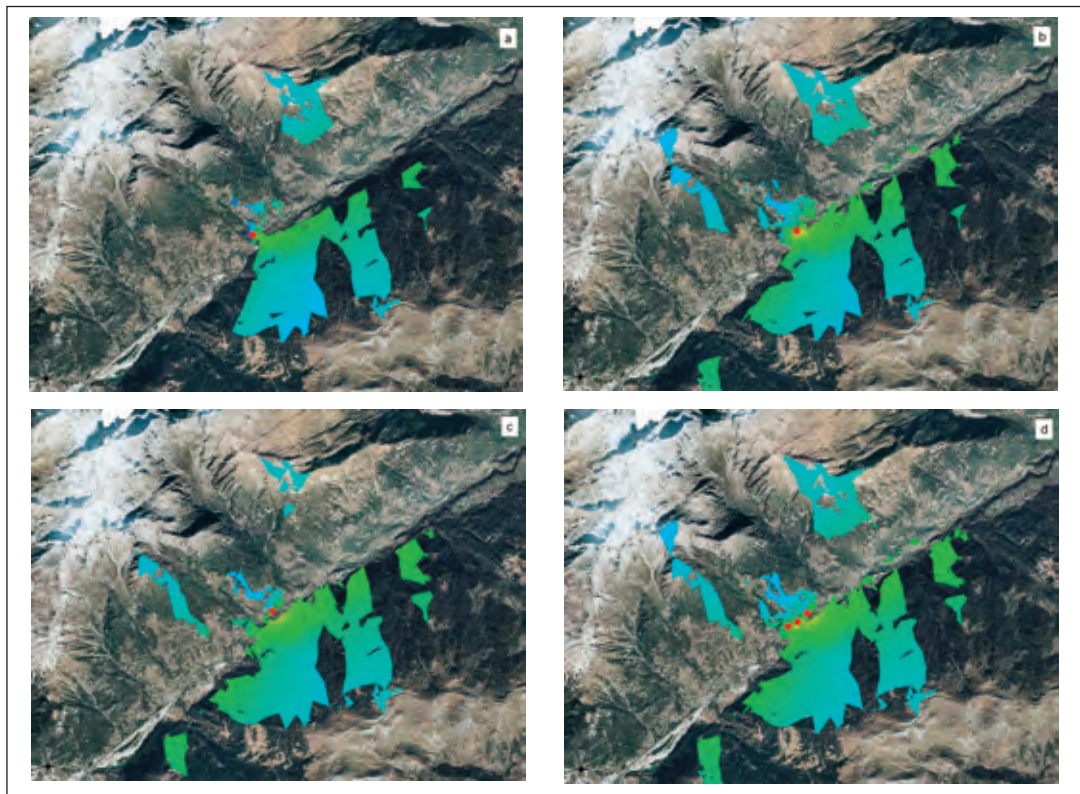


Fig. 12a, b, c – Aree di visibilità dei 3 punti utilizzati per rimodellare il viadotto.

Fig. 12d – Area complessiva in cui l'elemento di detrazione paesaggistica è visibile (del tutto o in parte).

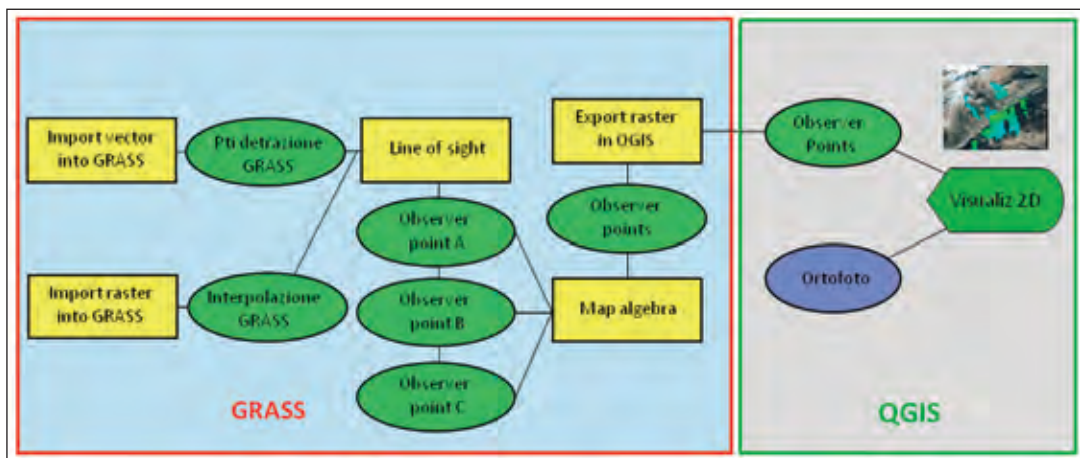


Fig. 13 – Analisi di visibilità di punti di detrazione paesaggistica: workflow.

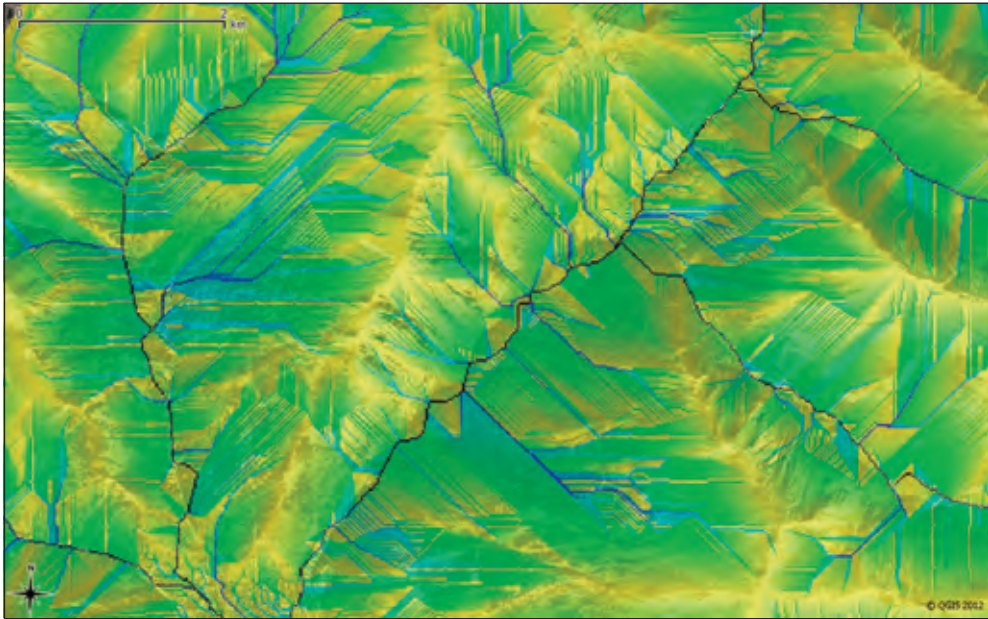


Fig. 14 – Watershed basin analysis.

6. Riconoscimento delle unità sceniche di paesaggio

La terza elaborazione che proponiamo riguarda il riconoscimento dei confini strutturali delle unità sceniche di paesaggio, punto d'inizio di molte analisi paesaggistiche. Le unità sceniche rappresentano le porzioni di territorio che sono colte come una "unità" dai punti visuali "più consueti", collocati su percorsi abituali, ad esempio nella nostra area studio, le strade di fondovalle.

Le unità sceniche di paesaggio, in un'area quale quella qui utilizzata come esempio, sono delimitate "dai crinali strutturali...che scandiscono il sistema dei versanti" e che "contribuiscono a delineare lo scheletro del territorio" (Finotto F., 2010, p. 207)

Il tool utilizzato per il riconoscimento dei crinali strutturali (e quindi di aiuto nella individuazione delle unità sceniche di paesaggio) è *watershed basin analysis*.

L'area studio è la conca di Bardonecchia all'imbocco dei trafori (ferroviario e autostradale) del Frejus.

La figura 14 rappresenta il risultato. Il colore rappresenta il numero di celle che drenano in quella determinata cella: il giallo corrisponde a numeri piccoli, quindi in giallo chiaro sono rappresentate le celle che rappresentano un crinale (mentre in blu sono rappresentate le celle in cui drenano molte altre celle, cioè i corsi d'acqua).

Le visualizzazioni in 3D (Fig. 15) navigabili e quindi studiabili modificando il punto di vista, aiutano a mettere in rapporto il risultato analitico della *watershed basin analysis* con la percezione del paesaggio che si ha, muovendosi nei luoghi, e quindi, magari, a capire di più.

7. Conclusioni: il software

L'*open source* è un mondo frenetico che offre notevoli vantaggi: rilevante è la gratuità.

Critico è invece il dover possedere buone capacità informatiche per predisporre il *software* in modo efficiente e seguire i continui sviluppi che avvengono in tempi brevissimi.

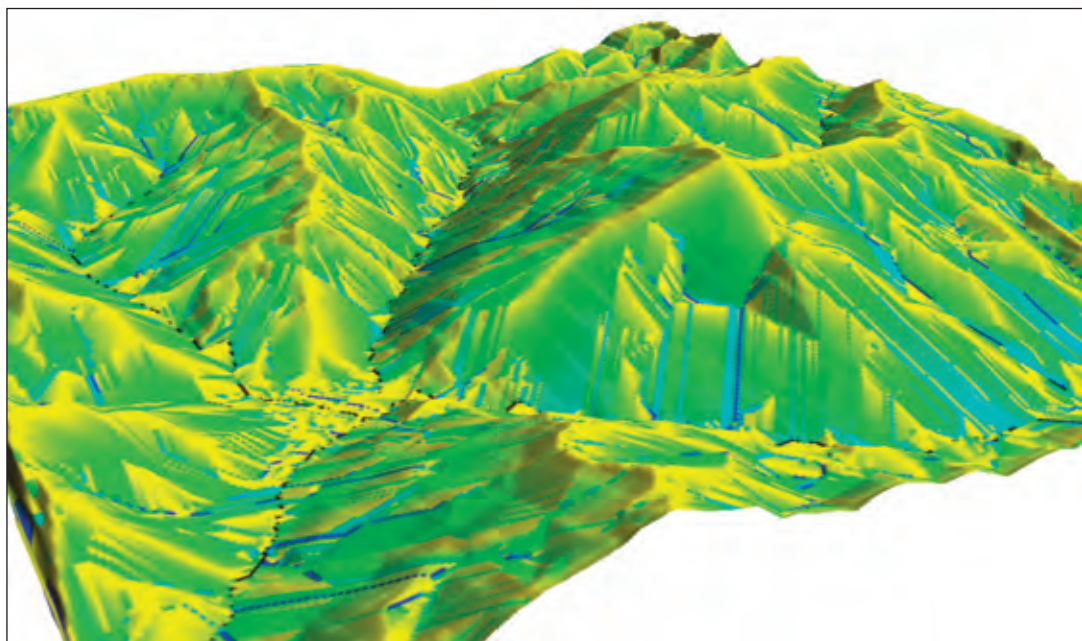


Fig. 15 – Visualizzazione 3D della watershed.

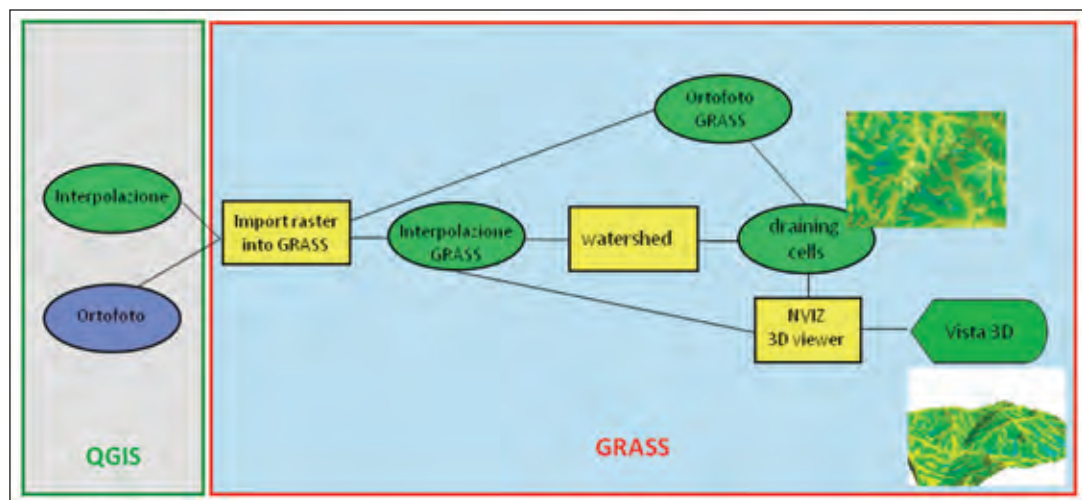


Fig. 16 – Workflow della watershed basin analysis.

Più gli applicativi sono usati all'interno di una comunità ampia costituita non solo da esperti informatici, ma anche da esperti di dominio, più possono innescarsi processi positivi di miglioramento della qualità, dell'efficienza e dell'efficacia degli strumenti.

Fondamentale è l'apporto dato dalla *community* che segue l'evoluzione dell'*open*.

Nel presente lavoro abbiamo riscontrato delle criticità nell'uso del *plugin* GRASS: la gestione del *mapset*

con tutte le problematiche legate al controllo della *region* ovvero delle celle, nonché il formato e la struttura dei dati legati allo specifico *software*.

Il percorso seguito non è lineare, richiede il passaggio tra i due *software* con azioni di *import* o *export*, come è stato mostrato nei *workflow*.

Benchè i metodi illustrati presentano un modesto contenuto teorico, i risultati ottenuti non sono sempre comprensibili. È necessario quindi tenere sotto controllo i percorsi logici che ci guidano nell'applicazione in sequenza dei *tool* e ciò che il *software* elabora.

Riferimenti bibliografici

- CASSATELLA C. (2011), "Assessing Visual and Social Perceptions of Landscape", in Cassatella. C. e Peano A., *Landscapes indicators*, Springer, Dordrecht, pp.105-140.
- CASSATELLA. C. (2011), "Analisi scenico-percettiva del paesaggio", in Peano A. (a cura di), *Fare paesaggio. Dalla pianificazione di area vasta all'operatività locale*, Alinea editrice, Firenze, pp. 225-228.
- DE SMITH M., GOODCHIALD M., LONGLEY P. (2007), *Geospatial analysis. A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*, The Winchelsea Press, Leicester.
- ESRI (2009), ArcGIS 9. Using ArcGIS 3DAnalyst,
http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/pdf/3d_analyst_tutorial.pdf.
- FINOTTO F. (2011), "Analisi morfologica", in Peano A. (a cura di), *Fare paesaggio. Dalla pianificazione di area vasta all'operatività locale*, Alinea editrice, Firenze, pp. 225-228.
- NIJHUIS S., VAN LAMMEREN R., VAN DEL HOVERN F. (2011), *Exploring the visual landscape. Advances in Physiognomic landscape research in the Netherlands*, IOS Press, Amsterdam.
- Quantum GIS (2011), Quantum GIS. User Guide, Version 1.7.0 "Wroclaw",
http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.7.0_user_guide_en.pdf.