

Realizzazione di un plugin open source per QGIS per il calcolo degli indicatori di VAS del PTPR della Regione Emilia-Romagna

Pietro Ansaloni (*), Gabriele Bollini (**), Maria Cristina Nannetti (**), Matteo Roffilli (*)

(*) Bioretics srl, viale delle Nazioni 67, 47042 Cesenatico (FC), info@bioretics.com

(**) Regione Emilia-Romagna, viale Aldo Moro 30, 40127 Bologna (BO), urbapae@regione.emilia-romagna.it

Riassunto

Aspetti cruciali di ogni analisi paesaggistica sono sia la valutazione preventiva di sostenibilità di un piano (in gergo VAS *ex ante*) quanto la fase di monitoraggio (in gergo VAS *in itinere*), successiva all'adozione/approvazione, dell'implementazione e dell'attuazione delle previsioni del piano medesimo. In tale contesto, il lavoro presentato, attivato all'interno del Servizio "Pianificazione Urbanistica, Paesaggio e Uso Sostenibile del Territorio", il cui responsabile è il Dott. Urb. Roberto Gabrielli, riporta i risultati di un progetto sperimentale per la definizione e il calcolo degli indicatori per la VAS del Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) della Regione Emilia-Romagna, attualmente in fase di adeguamento al Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio. Oltre alla selezione degli indicatori di paesaggio appropriati e alla definizione puntuale delle modalità operative del loro calcolo numerico, è stata organizzata la base dati, principalmente fondata sulle rilevazioni land cover/use disponibili dal 1976 ad oggi, secondo i concetti spaziali di ambiti paesaggistici e di aggregazioni di ambiti che costituiscono i futuri riferimenti territoriali omologhi delle attuali unità di paesaggio. Il progetto si è posto inoltre come obiettivo la semplificazione operativa della gestione degli indicatori in modo da permettere agli attori del processo di avere un controllo personale e completo sulle valutazioni, senza dipendere da consulenti esterni che sono usi restituire il calcolo una tantum, spesso con difficoltosa possibilità di manutenzioni successive. La necessità di mantenere una ampia flessibilità nello sviluppo, di favorire il più possibile la platea degli stakeholder, di mantenere un controllo diretto sugli algoritmi e infine di garantire un supporto a lungo termine, ha fatto ricadere la scelta della piattaforma operativa sul software GIS open source QGIS. I risultati che riportiamo in questo articolo sono incoraggianti e dimostrano come, nella progettazione di nuovi strumenti valutativi, si possano conciliare esigenze diverse, e talvolta contrastanti, mediante un approccio condiviso e una metodologia agile.

Abstract

Nowadays, landscape analysis relies both on prior sustainability assessment of the environmental plan (named VAS *ex ante*) and on continuous monitoring (called as VAS *in itinere*) of plan deployment and forecast outcomes. Given this scenario, the paper reports for an experimental project aimed at defining and computing a pool of statistical indicators extracted from the VAS of Emilia-Romagna's urban development plan (PTPR). The project has been developed at the territorial planning office led by Dott. Urb. Roberto Gabrielli. Most effort has been devoted to collect validated data from the land cover/land use high resolution cartography gathered by GIS regional office since 1976. Those data have been coupled with a partially overlapped polygonal coverage of the entire country which represents the recognized actual ecosystems, i.e. the landscape patches. A second objective was the simplification of the overall procedure in order to provide domain experts with a direct and personal control over the yield of each indicator. We highlight this result, achieved by the exploitation of the agile methodology, since usually it is in contrast with

common best practices that favor external consultants' closed work. The open source QGIS application was selected as the reference tool, given its free-of-charge license and the approved use by IT regional office. Results we report are promising given the inherent difficulties of working with Public Administration's consolidated procedures and divergent interests of the stakeholder.

Introduzione

Nel proporre un sistema organico di indicatori per la valutazione e il monitoraggio dell'adeguamento del PTPR al Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, merita innanzitutto evidenziare la significatività dei “risultati indiretti” che è possibile cogliere dalla sinergia fra la valutazione di questo piano e l'impostazione del monitoraggio del Piano Territoriale Regionale (PTR): un risultato di notevole utilità per le prossime attività di programmazione e pianificazione regionale.

Lo scopo dell'attività di monitoraggio consiste infatti, da un lato, nell'intercettare in fase di attuazione eventuali effetti negativi, individuandone le cause per adottare, efficacemente, opportune misure di riorientamento, e, dall'altro, nel descrivere e quantificare gli effetti positivi del piano, ovvero il raggiungimento dei suoi obiettivi, segnalando azioni meritevoli di ulteriore impulso. In sostanza, una grande opportunità di mettere, dal punto di vista metodologico, alcuni punti fermi e condivisi sul monitoraggio dei programmi di sviluppo regionali e sulle relative valutazioni.

Tra i risultati auspicati ricordiamo: i) la possibilità di dotarsi di un quadro delle conoscenze unico, condiviso e aggiornato che consenta di avere una base articolata su cui costruire le valutazioni ambientali strategiche dell'intero ciclo di programmazione e pianificazione; ii) porre le basi per la scrittura della strategia regionale di sviluppo sostenibile traducendo con un formalismo più vicino alla programmazione le previsioni della politica regionale dell'amministrazione (cfr. D.Lgs. 4/2008); iii) consentire di costruire una banca dati dei criteri di sostenibilità ambientale di grande utilità nell'attività di integrazione delle politiche ambientali e territoriali regionali.

L'attività di monitoraggio ambientale, quindi, integrerà il monitoraggio del piano, con l'obiettivo di verificare e stimare il grado di sostenibilità delle azioni previste dall'intero sistema regionale della pianificazione, attraverso la definizione di un set di obiettivi e indicatori di sostenibilità ambientale.

Indicatori per la VAS del PTPR

La nuova politica per il paesaggio del Piano Territoriale Paesistico della Regione Emilia-Romagna si sviluppa attraverso le quattro azioni prioritarie di tutela, gestione, valorizzazione e vigilanza declinate dalla legge regionale 23/2009 che evidenzia la necessità di tenere in considerazione diversi valori: paesaggistici, storico-testimoniali, culturali, naturali, morfologici ed estetici.

In riferimento a tali obiettivi per il processo di valutazione ambientale strategica risulta di fondamentale importanza individuare un set di indicatori finalizzati a: i) restituire sinteticamente il livello di qualità/criticità del sistema paesistico-ambientale-territoriale emiliano-romagnolo e ii) monitorare l'efficacia degli indirizzi e delle politiche previste dal Piano stesso.

L'analisi ambientale finalizzata alla costruzione del quadro conoscitivo, necessaria allo sviluppo della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) dell'adeguamento del PTPR, deve prendere in considerazione tutte le componenti ambientali e territoriali, selezionando, nel riconoscimento del loro stato e delle loro tendenze, gli aspetti più direttamente pertinenti alla questione del paesaggio.

Nell'analisi delle componenti ambientali e territoriali vengono analizzate, attraverso opportuni indicatori, le criticità ambientali che costituiscono potenziali detrattori paesaggistici, ovvero ciò che le azioni del PTPR possono utilmente contribuire a trattare.

Ogni indicatore considerato è accompagnato dalla valutazione:

- del livello di attendibilità dei dati, della loro possibilità di (calcolo e) aggiornamento (popolabilità) e del soggetto responsabile di tale aggiornamento;
- del livello di problematicità dello stato ambientale descritto e del trend che esso rappresenta;
- delle azioni di risposta messe in campo dal piano, anche indirettamente.

Attraverso l'uso di indicatori è possibile sintetizzare le informazioni ambientali e territoriali, in modo da costruire un quadro di riferimento attraverso cui valutare le modalità di risposta ad eventuali perturbazioni dei diversi sistemi ambientali-territoriali-paesaggistici.

Ogni indicatore è un descrittore di un contesto e/o di un fenomeno; il confronto nel tempo evidenzia le dinamiche di quel fenomeno e l'evoluzione del contesto.

Per ogni indicatore è molto importante la definizione dei campi di esistenza, ovvero delle soglie critiche, nei quali rientrano i valori ottimali dell'indicatore ai fini dell'equilibrio del sistema stesso. Il confronto tra i valori individuati per la situazione attuale, ed alcuni valori di riferimento per i diversi scenari di piano, permettono di evidenziare le criticità e di dimensionare quindi gli elementi paesaggistici e le azioni di piano in funzione delle necessità riscontrate.

Gli indicatori proposti puntano a monitorare sia gli aspetti "qualificanti" il paesaggio da un punto di vista ecologico - quali la diversità, la forma e la dimensione delle patch paesaggistiche - che la "densità" di beni tutelati e protetti, che le principali dinamiche e gli aspetti che possono costituire criticità (frammentazione del territorio e del paesaggio, artificializzazione e urbanizzazione del paesaggio rurale, consumo di suolo, ecc).

Risulta chiaro quindi che, nella nostra accezione, un indicatore è composto da uno o più indici (numerici) integrati nella interpretazione dell'esperto del dominio (solitamente espressa tramite una classificazione dei range di valori). Nel caso di indici calcolati e riferiti ad aree geografiche definite e localizzate in un sistema di riferimento adeguato ci troviamo nel dominio della geostatistica (Webster, Oliver, 2007).

In questo lavoro sono state selezionate come aree geografiche di riferimento gli "ambiti paesaggistici" (49 in tutto il territorio regionale) e le "aggregazioni di ambiti paesaggistici" (in totale 22), che nell'adeguamento del PTPR andranno a sostituire le attuali "unità di paesaggio" (23). Gli ambiti paesaggistici sono "parti del territorio regionale costituite da un insieme eterogeneo di elementi accomunati da caratteri strutturanti e da tendenze di trasformazione" (LR 23/2009) e rappresentano uno strumento di definizione e gestione delle politiche con le seguenti proprietà:

- i confini non seguono né confini amministrativi né limiti naturali e presentano fasce di transizione da un ambito all'altro;
- il territorio delimitato da un ambito presenta caratteri paesaggistici, territoriali e socio-economici comuni.

In sostanza, gli ambiti paesaggistici sono gli areali nei quali lo scenario delineato dal piano deve essere attuato ovvero le parti di territorio in cui la tutela dei valori esistenti e la qualità delle trasformazioni diventano esigenze convergenti, reciprocamente funzionali alla sostenibilità dello sviluppo dal punto di vista ambientale e paesaggistico.

Le aggregazioni di ambiti riuniscono gli ambiti paesaggistici accomunati da un'unitarietà di impianto, da analoghi trend di sviluppo e problematiche e quindi raffigurano, con un grado maggiore di evidenza, le strutture e le geografie della Regione.

In tale contesto, questo è il set di indicatori di paesaggio considerati: 1. Matrice di paesaggio; 2. Dinamiche negli usi del suolo: 2.1 Evoluzione dei diversi territori; 2.2 Riduzione del territorio agricolo; 2.3 Indice di copertura boschiva; 3. Diversità del mosaico agropaesistico: 3.1 Indice di Shannon (Eterogeneità); 3.2 Edge density (Connettività); 4. Indice di Biopotenzialità Territoriale (BTC); 5. Incidenza (%) delle aree protette e tutelate: Aree naturali protette e Siti Rete Natura 2000, Zone di tutela paesaggistica (PTPR), Beni paesaggistici (artt. 136 e 142 CBCP); 6. Consumo di suolo: 6.1 Consumo di suolo; 6.2 Consumo di suolo come avanzamento dell'urbanizzazione in aree tutelate e protette; 7. Artificializzazione del paesaggio rurale: 7.1 Inserimento puntuale di elementi con rilevante caratterizzazione tipologica e dimensionale; 7.2 Inserimento puntuale di edifici o gruppi di edifici con effetto dispersivo nel paesaggio; 8. Indice di impermeabilizzazione; 9. Frammentazione del paesaggio: 9.1 Indice di frammentazione da infrastrutture (IFI); 9.2 Indice di frammentazione per urbanizzazione/artificializzazione (effective mesh size ed effective mesh density); 10. Esperienza del paesaggio rurale (tranquillity indicator); 11. Habitat standard; 12.

Idoneità potenziale per le specie animali (aree strategiche e irreplaceability); 13. Densità di beni storico-culturali puntuali o areali in aree extraurbane.

Progettazione del plugin QGIS

QGIS (QGIS, 2014) è stato scelto come suite di riferimento GIS della Regione Emilia-Romagna a seguito di un processo di selezione software che il progetto Open Source Desktop GIS ha portato avanti dal 2010 (Bertozzi, 2013) per sostituire con software FOSS (Free and Open source Software) gli applicativi proprietari in uso.

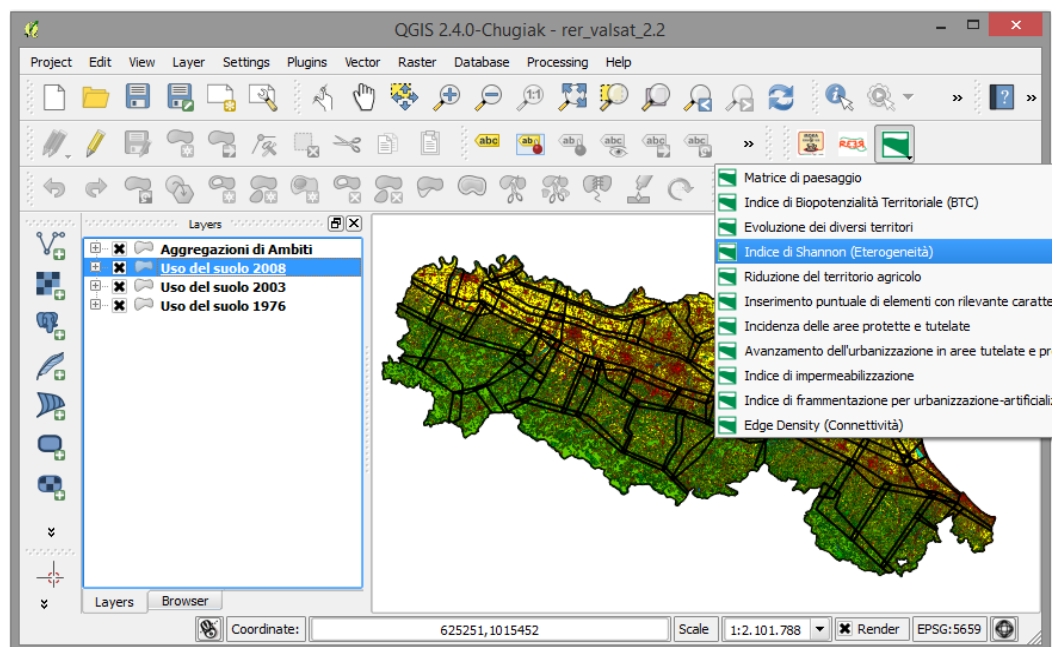


Figura 1 – Il plugin attivo in QGIS.

Tra le caratteristiche più rilevanti di QGIS è importante evidenziare i seguenti aspetti:

- supporto e mantenimento a lungo termine sono garantiti, grazie alla comunità di sviluppatori professionali e indipendenti che si occupano degli aggiornamenti;
- è possibile attuare un controllo diretto sugli algoritmi utilizzati, per la natura open source del progetto;
- è garantita una ampia flessibilità nello sviluppo di estensioni e personalizzazioni, grazie alla possibilità di implementare componenti aggiuntivi in diversi linguaggi di programmazione.

Per lo sviluppo del plugin QGIS (vedi Figura 1) finalizzato al calcolo degli indicatori di VAS, si è scelto il linguaggio Python (Python, 2014), per la sua semplicità di scrittura e manutenzione, oltre che per la sua versatilità.

La resa numerica e la visualizzazione dei risultati è basata sul formato .ods relativo all'applicativo Calc della suite di produttività open source Apache OpenOffice (Apache, 2014) compatibile con i dettami del Codice dell'amministrazione digitale (CAD, 2005) e facile da comprendere ed utilizzare per gli utenti finali. Oltre alla visualizzazione numerica dei risultati calcolati, quando possibile viene restituita automaticamente anche una rappresentazione grafica dall'indicatore, in forma

cartografica, che consente di visualizzare in modo intuitivo l'intensità e la distribuzione dei valori dell'indicatore sul territorio regionale.

Come fonti dati principali, sono state impiegate le seguenti due coperture vettoriali:

- copertura poligonale con sovrapposizioni riferita alle unità territoriali ovvero gli areali di riferimento su cui vengono calcolati gli indicatori geostatistici;
- copertura degli usi del suolo, land cover/land use disponibili su intervalli temporali non periodici dal 1976 ad oggi, derivate da fotointerpretazione delle ortofoto AGEA secondo la classificazione Corine Land Cover (CLC, 1993).

Presentiamo qui di seguito a scopo esplicativo uno degli indicatori considerati e calcolati.

Indicatore di diversità del mosaico agropaesistico (indice di Shannon)

L'indice di Shannon (Shannon, 1948) è un indice di biodiversità, sviluppato nell'ambito della teoria dell'informazione per quantificare il grado di eterogeneità di una popolazione e tipicamente applicato anche nell'ambito ecologico alle unità ecosistemiche.

La formula [1] mostra come calcolare l'indice su una popolazione suddivisa in n classi di diversità, ognuna delle quali è presente in percentuale P_i all'interno del campione preso in considerazione.

$$Sh = -\sum_{i=0}^n P_i \ln(P_i) \quad [1]$$

Applicando l'indice di Shannon alle aree naturali e semi-naturali della classificazione di uso del suolo (escludendo quindi dal calcolo i territori modellati artificialmente) si ottiene una valutazione quantitativa della diversità delle classi di land cover all'interno del territorio. Questa valutazione costituisce una caratteristica qualificante del paesaggio dal punto di vista percettivo ed ecologico. L'indicatore risultante prende il nome di “diversità del mosaico agropaesistico” e viene impiegato per quantificare il livello di biodiversità globale del territorio in esame, intesa non come diversità delle popolazioni animali, bensì come qualità dei macro-elementi che compongono il mosaico paesaggistico.

In Figura 2 è possibile visualizzare lo pseudocodice che mostra come viene calcolato l'indice di Shannon a partire dai dati spaziali a disposizione. Una delle caratteristiche peculiari della copertura di ambiti e aggregazioni è di essere composta da poligoni parzialmente sovrapposti. Calcolando l'indice su ogni poligono singolarmente e poi riaggregando il risultato a scala regionale si avrebbe una valorizzazione numerica non congrua. A tal fine per tutti gli indici la cui formulazione lo permette si è agito separando il calcolo tra le aree senza sovrapposizione e quello sulle aree con sovrapposizione. Queste ultime sono state gestite in modo da pesare il contributo dell'area al valore finale dell'indice secondo il numero di sovrapposizioni incidenti (vedi Figura 2).

```

Per ogni unità territoriale T {

  Init Tot_area_i = 0 per ogni classe CLC-livello 1

  Per ogni patch di uso del suolo P {
    se P interseca T {
      nt = numero di unità territoriali che contengono P
      A = area di (P intersezione T) / nt
      i = classe CLC-livello 1 di P

      Tot_area_i = Tot_area_i + A}}
  P_i = Tot_area_i / Tot_area_T

  shannon_index = - Somma( P_i * log(P_i) per i!=1 )

```

Figura 2 – Pseudocodice per il calcolo dell'indice di Shannon con sovrapposizioni.

Per evitare problemi di frammentazione della copertura land cover/use si è proceduto ad uno splitting automatico delle patch poligonali di copertura in modo da mantenere sempre un congruità numerica tra il valore calcolato come somma dei singoli areali poligonali (unità territoriali) e l'area rappresentate la loro unione (regione).

Per confrontare invece i valori tra coperture land cover effettuate in anni diversi si è applicata una mappa di conversione delle classi CLC come presentato in (Gennaro et al., 2010), oltre ad una rettifica dei confini regionali variabili nel tempo (es. linea di costa) in modo da avere una sovrapposizione temporale completa.

Risultati

In Figura 3 è presentato, in veste cartografica, l'indicatore “diversità del mosaico agropaesistico” basato sull'indice di Shannon calcolato sulle aggregazioni di ambiti e sugli usi del suolo relativi all'anno 2008. E' evidente come una restituzione di questo tipo risulti particolarmente immediata ad esperti del dominio non interessati ai tecnicismi di calcolo e consenta loro una semplice integrazione in documentazione ufficiale. Si evidenzia che per una più corretta interpretazione dei risultati questo indicatore è da leggere incrociato con IND1 – Matrice di paesaggio e IND4 – Indice di biopotenzialità territoriale.

Leggendo la cartografia si nota che le zone con indice di Shannon più alto sono quelle che godono di un maggior livello di eterogeneità, ovvero quelle in cui più ambienti differenti si trovano a contatto o quelle dove non c'è una forte dominanza di un carattere paesaggistico. E' il caso delle aree di costa (Ag_A - Costa), per esempio, dove il paesaggio umido (classe 4 del primo livello CLC) e quello delle acque (classe 5) sono presenti in maggior percentuale e vanno a limitare la dominanza dei territori agricoli: qui coesistono diversi caratteri paesaggistici e l'indice di Shannon assume valori più alti.

Un altro caso interessante è quello delle aggregazioni che si trovano alla base dell'area appenninica (Ag_O – Vallate dei distretti dell'agroalimentare, Ag_Q – Area collinare/montana reggiana-modenese, Ag_L – Collina piacentina-Distretto termale, Ag_M – Montagna piacentino-parmense, Ag_N – Passante Cisa, Ag_P – Pedecollinare reggiana-modenese, Ag_S – Area collinare/montana bolognese e modenese, Ag_T – Area collinare/montana imolese-ravennate, Ag_U – Area collinare/montana forlivese-cesenate-riminese, Ag_Z – Colline retrocostiere riminesi), dove i terreni agricoli e quelli boschivi si dividono quasi equamente il territorio: anche in queste zone l'indice di Shannon assume valori alti, dovuti all'eterogeneità del territorio e alla mancanza di una forte dominanza.

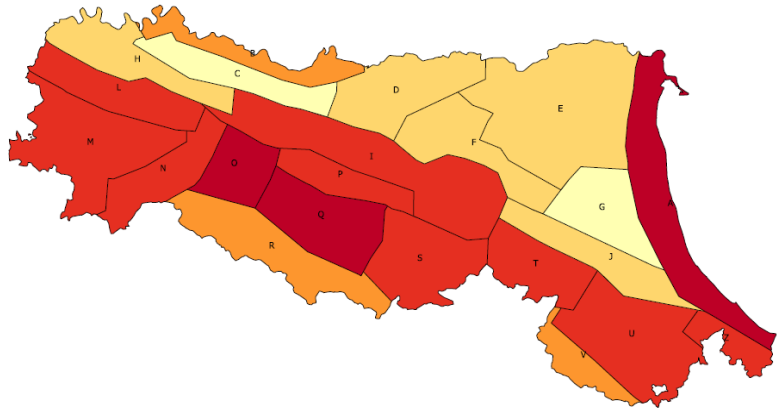
La Figura 4 mostra una rappresentazione ad istogrammi del confronto dell'indice applicato agli usi del suolo dei tre anni disponibili, ovvero 1976, 2003 e 2008.

Indicatore 3.1 - Diversità del mosaico agropaesistico / Indice di Shannon (Eterogeneità), 2008

Legenda

Valore indice Shannon, 2008

	$x \leq 0,30$
	$0,30 < x \leq 0,42$
	$0,42 < x \leq 0,60$
	$0,60 < x \leq 0,76$
	$0,76 < x$



Nota descrittiva

Misura della diversità del mosaico agropaesistico, intesa come diversità negli usi del suolo (1° livello CLC), attraverso l'Indice di Shannon, che considera la forma e la dimensione media delle aree calcolate per ciascuna aggregazione di ambiti. Il campo di escursione dell'indice è suddiviso in cinque classi secondo il seguente modello:

Diversità paesistica bassa	$x \leq 0,30$
medio-bassa	$0,30 < x \leq 0,42$
media	$0,42 < x \leq 0,60$
alta	$0,60 < x \leq 0,76$
molto alta	$0,76 < x$



Venerdì 29 Agosto 2014, 17:24:58

Figura 3 – Risultato del calcolo dell'indicatore presentato come cartografia in formato PDF.

Diversità del mosaico agropaesistico

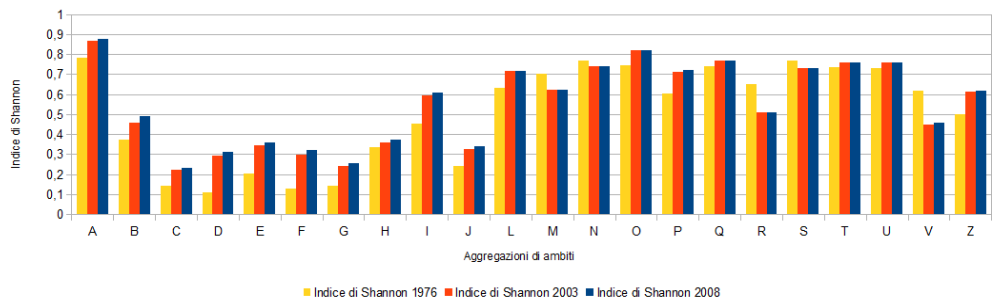


Figura 4 – Risultato del calcolo dell'indicatore presentato come istogrammi in formato ODS.

Conclusioni

Il plugin realizzato soddisfa i requisiti alla base del progetto di impostazione concettuale, ovvero l'accessibilità e la facilità di utilizzo, che permettono di considerarlo uno strumento di condivisione rivolto ad utenze con competenze informatiche non specialistiche che possono accedere a visualizzazioni grafiche significative e di immediata lettura. Inoltre la flessibilità di utilizzo, che permette di variare agevolmente il riferimento dei dati a diversi ambiti areali, lo predispone ad essere particolarmente efficace in un processo valutativo.

L'aspetto interessante di questa applicazione è anche relativa al fatto che ha permesso una considerazione complessiva della attuale definizione e predisposizione dei dati disponibili alla creazione di indicatori paesaggistico-ambientali. In alcuni casi si è infatti riscontrato di non avere a disposizione dati omogenei utili all'implementazione di ulteriori indicatori significativi. Questa riflessione è utile per orientare la condivisione tra gli Enti, favorendo una restituzione omogenea dei dati che risultano più significativi per l'analisi paesaggistica-ambientale.

Riferimenti bibliografici

Apache (2014), <https://www.openoffice.org/product/calc.html>, visitato il 4 Settembre 2014

Bertozzi R. (2013), "Gli strumenti Open source: QGIS", *Seminario INSPIRE, Bologna, 11-12 Luglio 2013*, http://multipler.lepida.tv/ambiente/video/ambiente_1129.mp4

CAD (2005), "Codice Amministrazione Digitale", *Decreto legislativo 7 Marzo 2005 n. 82*, <http://www.agid.gov.it/agenda-digitale/codice-amministrazione-digitale>

CLC (1993), "CORINE land cover: Technical guide", *European Commission. Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Office for Official Publications of the European Communities*

Gennaro A., Malucelli F., Filippi N., Guandalini B. (2010), "Dinamiche di uso dei suoli: analisi per L'Emilia Romagna, tra il 1850 e il 2003", *Territori n. 1/2010*

Python (2014), <https://www.python.org>, visitato il 4 Settembre 2014

QGIS (2014), www.qgis.org/it/site, visitato il 4 Settembre 2014

Shannon, C.E. (1948), "A mathematical theory of communication", *The Bell System Technical Journal*, 27: 379-423

Webster R., Oliver M.A. (2007), "Geostatistics for Environmental Scientists, 2nd Edition", *John Wiley & Sons*