



Impostazione del piano delle elaborazioni in un SIT

Approcci per il processamento dei dati e la creazione di valore informativo aggiunto

Corso di Sistemi Informativi Territoriali per il Planning e l'Urban Design – UD08

prof. Giovanni Borga

Progettare la logica di elaborazione dei dati in un SIT

La maggior parte delle tecniche di base, pur essendo fondamentali, sono strumenti indipendenti dalla tematica di applicazione.

L'approccio da adottare nella progettazione della **logica di elaborazione dei dati del SIT** va invece definito **in relazione diretta con il tipo di supporto decisionale** che il sistema dovrà offrire all'utilizzatore.

Un SIT ha in generale una sua valenza intrinseca indipendente dal supporto al processo decisionale, derivata dagli ovvi benefici del poter gestire in modo efficiente e strutturato le informazioni necessarie a condurre le proprie attività.

*Tuttavia, un sistema che abbia una **finalità direttamente riconducibile ad uno specifico processo decisionale** nell'ambito del governo del territorio è un sistema concettualmente più evoluto e giustifica maggiormente le energie spese per la sua realizzazione.*

La strategia della quantificazione dei fenomeni

Le strategie da cui si ottiene il miglior supporto decisionale sono basate su tecniche di quantificazione di aspetti della realtà, nella forma di

INDICI NUMERICI

Il vantaggio di definire una **funzione che quantifica** un aspetto del tema che si vuole affrontare è quello di poter svolgere almeno due tipologie di comparazioni:

- 1. su base geografica** (ovvero creare mappe tematiche graduate)
- 2. su base temporale** (ovvero calcolare dei trend).

Le comparazioni di indici quantitativi applicati ad un livello di unità geografiche congruo permettono la definizione di **specifiche strategie nell'analisi** dei dati di un SIT.

Strategie di uso comune nel processamento dei dati geografici

In base all'approccio determinato dalla tematica di applicazione, le **strategie più frequentemente adottate** nel progettare il piano di *geoprocessing* sono relativamente poche ma hanno tutte la fondamentale caratteristica di essere esplicitamente orientate al supporto decisionale.

I principali modelli di analisi sono i seguenti:

1. Modello di analisi domanda-offerta
2. Modello orientato alla valutazione di impatti
3. Modello di stima dei rischi
4. Modello orientato alla comparazione di scenari

Le diverse strategie si applicano sostanzialmente combinando tecniche e strumenti di geoprocessing e visualizzazione secondo determinati workflow di cui vedremo degli esempi.

1) Modello domanda-offerta

Il modello di analisi domanda-offerta è finalizzato a **confrontare due valori/indici** che quantificano, da un lato la disponibilità di un bene o di un servizio, dall'altro la richiesta effettiva o potenziale di tale bene o servizio.

Il modello domanda-offerta è dunque in sé piuttosto elementare.

Gli impieghi più tipici sono ad esempio i casi in cui poter stimare o misurare domanda e offerta di beni e servizi su base territoriale consente di effettuare una migliore allocazione di strutture o di migliorare l'efficacia e l'efficienza dei processi.

Tematiche tipiche di applicazione:

- *Energia*
- *Trasporti*
- *Commercio / Servizi*

1) Modello domanda-offerta: metodologia

1. Produzione di un livello informativo di stima o georeferenziazione della domanda
2. Produzione di un livello informativo di stima o georeferenziazione dell'offerta
3. Individuazione o creazione di un livello di base composto di unità geografiche ottimali per le procedure di processamento e per la restituzione dei risultati
4. Calcolo di un indice sintetico domanda/offerta sulla base delle unità geografiche che potrà essere:
 - a) differenziale (offerta-domanda oppure domanda-offerta)
 - b) di rapporto (offerta/domanda oppure domanda/offerta)

NB: generalmente i livelli di domanda e offerta si ottengono dall'elaborazione integrata di più livelli informativi che costituiscono singole componenti che vanno preventivamente determinate e successivamente combinate tra loro.

1) Modello domanda-offerta: esempio di workflow

Tema: offerta di servizio ferroviario

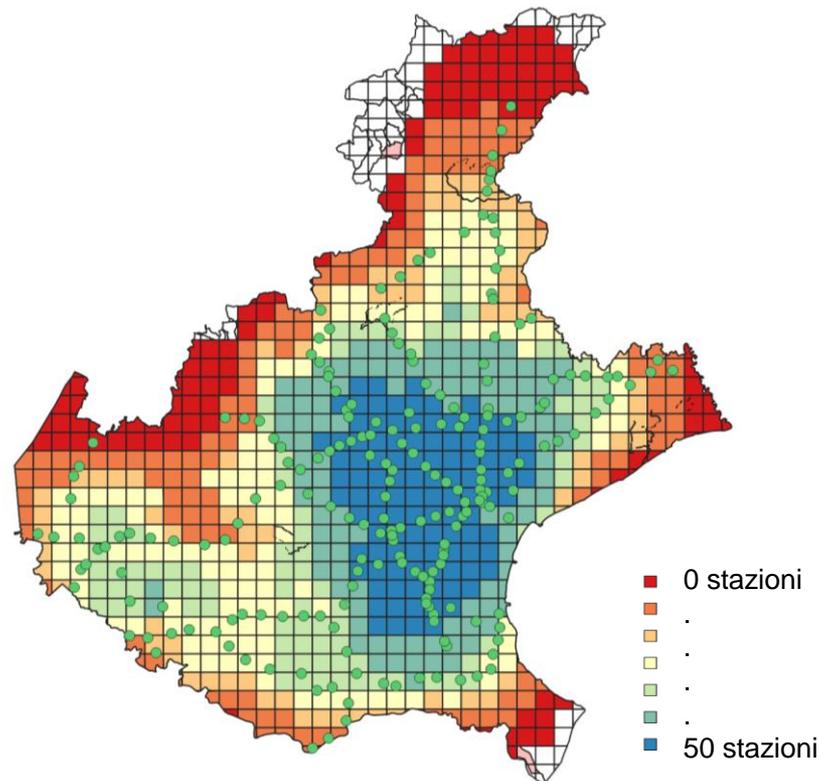
1. *Join tabellare tra tabulato della popolazione e layer dei confini comunali e calcolo della densità demografica*
2. *Creazione di una griglia a maglie regolari*
3. *Intersezione tra layer comuni e griglia*
4. *Aggregazione dei poligoni risultanti dall'intersezione per ID cella e calcolo della media della densità demografica*
5. *Buffer sui baricentri delle stazioni ad una distanza che rappresenta l'area di accessibilità*
6. *Intersezione tra buffers e griglia*
7. *Aggregazione dei poligoni risultanti dall'intersezione per ID cella e calcolo del conteggio dei buffers*
8. *Join tra i due dataset risultati dalle aggregazioni al layer grid per ID cella*
9. *Calcolo del rapporto tra conteggio stazioni e densità demografica per singola cella e realizzazione della relativa mappa tematica graduata*

1) Modello domanda-offerta: esempio di indice di offerta

Rappresentazione su base grid dell'offerta di servizio ferroviario.

L'indice di quantificazione dell'offerta in questo caso è semplificato per finalità didattiche: è infatti calcolato come numerosità di stazioni nel raggio di un intorno fisso che sintetizza il loro bacino di fruizione.

Nella mappa tematica i colori tendenti al verde-blu rappresentano maggiore offerta, mentre quelli tendenti al giallo-rosso una minor offerta.

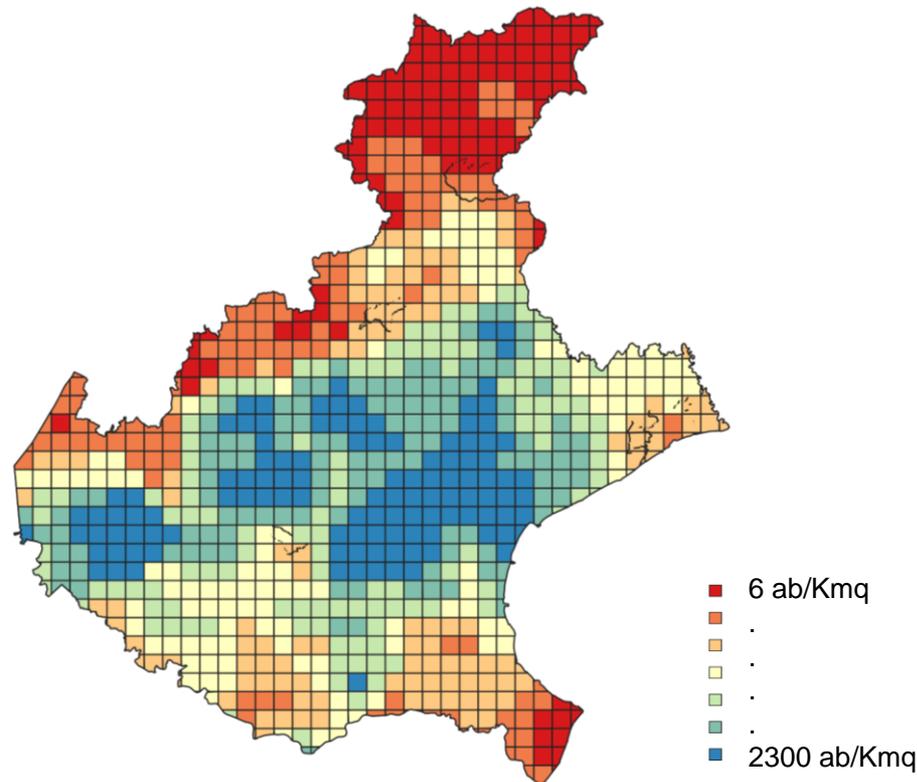


1) Modello domanda-offerta: esempio di indice di domanda

Rappresentazione su base grid della domanda di servizio ferroviario.

Anche l'indice di quantificazione della domanda è volutamente esemplificativo: è equiparato unicamente alla popolazione residente (preventivamente calcolata sotto forma di densità cella per cella).

I colori tendenti al verde-blu rappresentano maggiore densità, mentre quelli tendenti al giallo-rosso una minor densità.

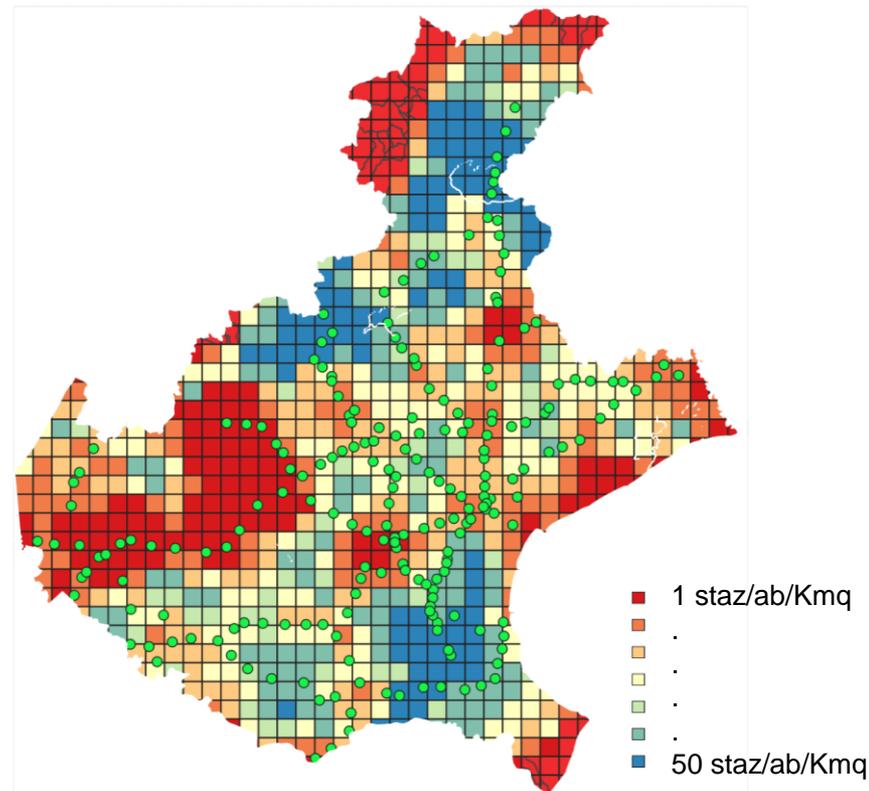


1) Modello domanda-offerta: esempio di indice sintetico

Rappresentazione su base grid del rapporto offerta/domanda di servizio ferroviario.

Come quantificazione del rapporto offerta/domanda si divide semplicemente il numero di stazioni nel bacino per la densità demografica ottenendo un indice quantitativo espresso in *stazioni/ab/Kmq*.

NB: essendo l'offerta a numeratore, anche questa è una mappa dell'offerta, che però non è rappresentata in valore assoluto ma in rapporto alla domanda potenziale.



1) Modello domanda-offerta: considerazioni

In questo esempio **gli indici sono stati calcolati in modo estremamente semplicistico**. Normalmente i dati permettono di elaborare quantificazioni in modo più sofisticato; ad esempio l'offerta di servizio è più correlata al numero di partenze/arrivi, dimensione dei convogli ecc, più che dalla sola presenza della stazione. Altre considerazioni simili possono essere fatte per la stima della domanda.

Nel caso dell'analisi dell'offerta di servizi ferroviari si è optato per indice di rapporto in quanto **le unità di misura** (n. stazioni e densità demografica) **non sono omogenee**.

Nel caso di unità omogenee per domanda e offerta (es. quantificazioni economiche) può essere significativo calcolare un indice di differenza.

2) Modello orientato alla valutazione di impatti

La valutazione di come un'azione umana impatta sul territorio circostante è un'operazione necessaria in tantissimi ambiti di indagine. Un approccio di questo tipo può dunque essere applicato a temi e tipi di impatto diversi come ad esempio:

- **Impatti chimico-fisici** (ricadute dell'emissione di elementi nell'ambiente)
- **Impatti economici** (ricadute di fenomeni che incidono sulle attività produttive)
- **Impatti sociali** (ricadute di fenomeni che incidono sulle relazioni umane)
- **Impatti sul benessere dell'uomo** (ricadute sulla salute psico-fisica)
- **Impatti sulla natura** (ricadute di fenomeni che influenzano habitat e specie)

Per utilizzare questo approccio, oltre ad acquisire dati sui fatti che producono le ricadute sul territorio, occorre definire in modo congruo l'estensione dell'area di indagine e l'unità geografica minima da utilizzare per discretizzare il fenomeno degli impatti.

2) Modello orientato alla valutazione di impatti

Questo approccio è particolarmente adatto ai casi in cui si intenda studiare le esternalità di eventi più o meno circoscritti in cui **l'impatto è dato da più fattori singolarmente apprezzabili ma difficilmente valutabili in senso cumulativo o sinergico.**

Il requisito fondamentale per l'applicabilità del modello è di fatto la disponibilità di informazioni su ciascun fattore che può potenzialmente determinare impatti sul territorio circostante.

La caratteristica peculiare di questo modello è il fatto che i fattori sono generalmente disomogenei e incidono in modo differenziato sull'impatto complessivo dato dalla loro concomitanza.
Ogni fattore va dunque associato ad un «peso specifico» nel calcolo generale.

2) Modello orientato alla valutazione di impatti

L'impatto di un determinato fattore può essere:

- a) **Misurato** *(nel qual caso la valutazione viene effettuata ex-post e ha più valenza di monitoraggio di efficienza/efficacia dei sistemi);*
- b) **Stimato con un modello probabilistico** *(in questo caso la valutazione avviene ex-ante e prende la forma di un modello di stima, spesso multi-criteri)*

L'approccio della valutazione di impatti può essere adottato anche per aspetti positivi, ad esempio per quanto riguarda ciò che rende attrattiva una zona urbana o territoriale in virtù di attività, beni o servizi presenti all'interno o in un ambito circostante.

Tematiche tipiche di applicazione:

- *Ambiente e biodiversità*
- *Inquinamento e salute umana*
- *Accessibilità / Inaccessibilità ai servizi*
- *Attrattività - Qualità / Degrado*

2) Modello orientato alla valutazione di impatti: metodologia

1. Produzione di un livello informativo di stima o georeferenziazione di ogni fattore semplice
2. Individuazione o creazione di un livello di base composto di unità geografiche ottimali per le procedure di processamento e per la restituzione dei risultati
3. Intersezione dei diversi livelli relativi ai fattori semplici con il livello base in modo da ottenere un livello base con una colonna e relativi valori per ogni fattore
4. Scelta di un coefficiente moltiplicatore per ogni fattore (peso)
5. Calcolo di un indicatore sintetico globale mediante una formula, generalmente una somma pesata ($\text{valore}_1 \times \text{peso}_1 + \text{valore}_2 \times \text{peso}_2 \dots + \text{valore}_n \times \text{peso}_n$).

In molti casi occorre «normalizzare» i diversi valori per omogeneizzare la variabilità (es. ridefinirli in modo che tutti varino da 0 a 1 o da 0% a 100% ...)

Può essere anche opportuno definire più indici determinati da diversi «set di pesi» per valutare la variazione dell'indicatore globale.

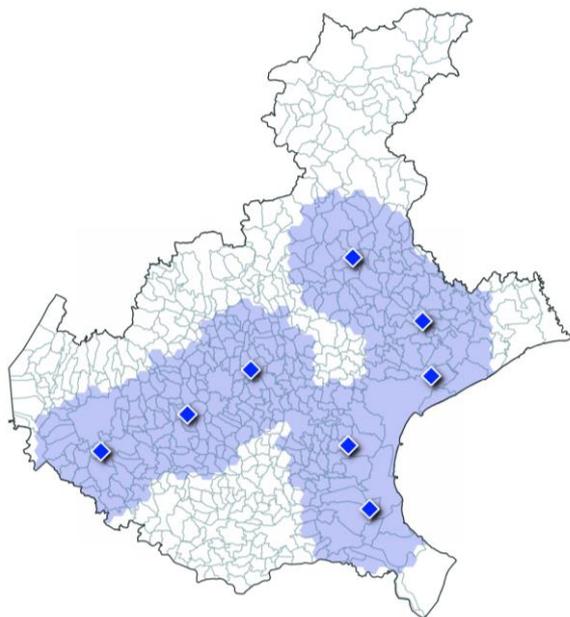
2) Modello orientato alla valutazione di impatti: esempio di workflow

Tema: impatto potenziale di grandi interventi e opere sul valore immobiliare residenziale

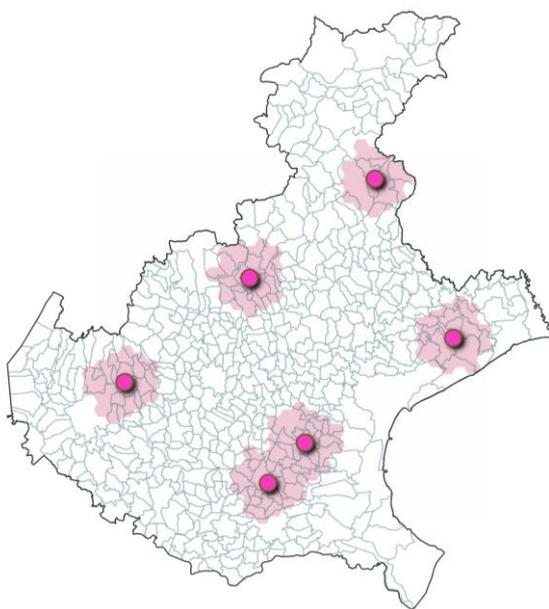
1. *Creazione di un layer per ogni tipo di intervento (es. grandi strutture pubbliche, discariche, inceneritori ecc.)*
2. *Creazione di layer di buffer (o multi-buffer) per ogni tipo intervento che rappresenta l'area di potenziale impatto sui valori immobiliari dovuto alla vicinanza delle strutture da realizzare.*
3. *Creazione di una griglia a maglie regolari (in questo caso è fortemente consigliata in quanto la distribuzione sul territorio di questi impatti è relativamente omogenea)*
4. *Esecuzione di intersezioni tra buffers degli interventi e griglia di base*
5. *Aggregazione dei poligoni risultanti dall'intersezione per ID cella e calcolo della media (o del valore massimo) di impatto potenziale di ogni intervento.*
6. *Eventuale normalizzazione dei valori di ogni tipo di intervento (es da 0 a 1) e scelta dei pesi specifici di ciascuno*
7. *Join tra i due dataset risultati dalle aggregazioni al layer grid per ID cella*
8. *Calcolo della somma pesata di ciascun valore di inquinante per singola cella e realizzazione della relativa mappa tematica graduata*

1) Modello orientato alla valutazione di impatti: esempio di indici semplici di impatto

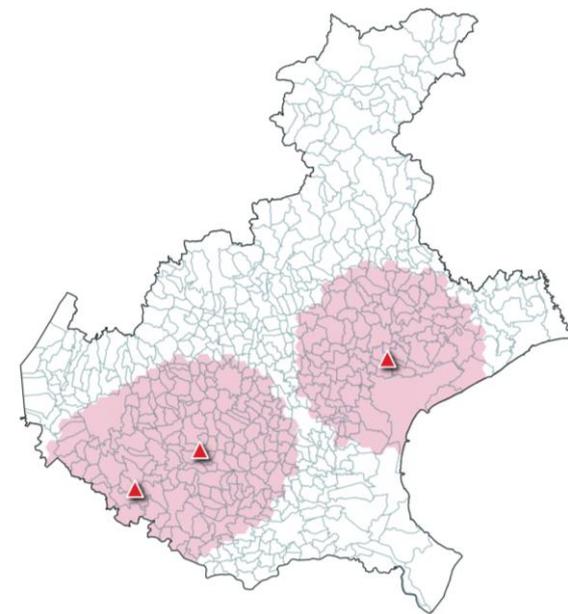
Rappresentazione su base grid esagonale degli impatti di tre diversi tipi di interventi/opere.



Nuovi poli sportivi (bacino di utenza di 20Km)



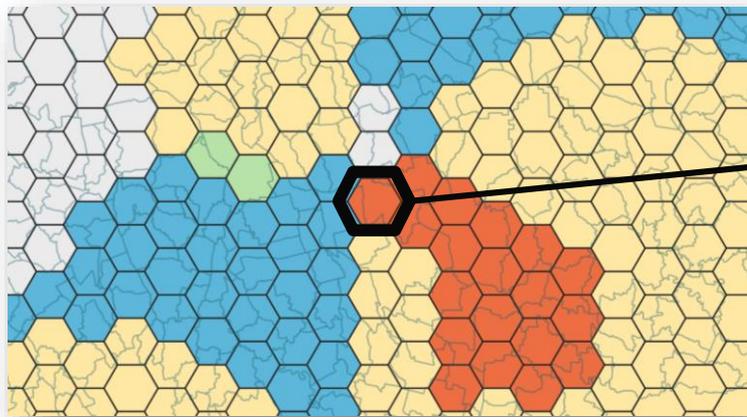
Nuove discariche (raggio impatto 10Km)



Nuovi inceneritori (raggio impatto 30Km)

2) Modello orientato alla valutazione di impatti: formulazione

La formulazione finale più utilizzata per il calcolo dell'indice complessivo è una sommatoria pesata in cui a ciascun fattore viene associato un coefficiente di moltiplicazione proporzionale alla sua importanza relativa all'interno dell'indice.



id	discarica	inceneritore	polosportivo	scenario 1
337	0	1	0	-30
681	0	1	0	-30
767	0	1	0	-30
595	0	1	0	-30
939	0	0	0	0
853	0	0	0	0

Formula dell'indice sintetico «Scenario1»:

$$\text{scenario1} = (\text{discarica} * -0.1 + \text{inceneritore} * -0.3 + \text{polosportivo} * 0.2) * 100$$



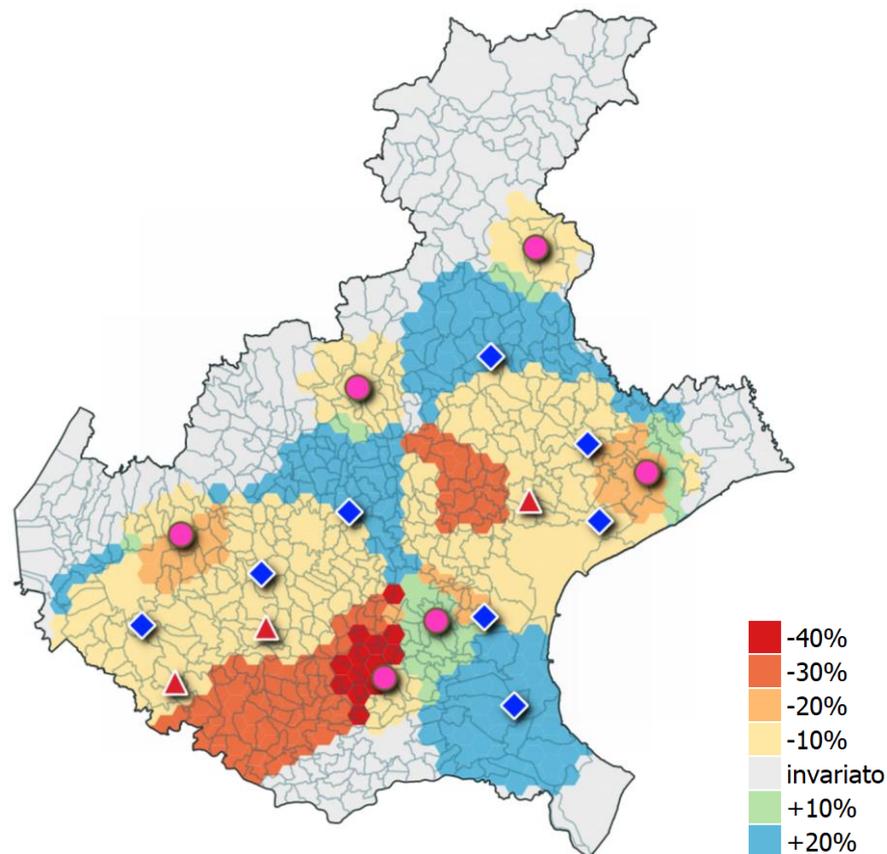
1) Modello orientato alla valutazione di impatti: esempio di indice sintetico

Rappresentazione su base grid dell'impatto stimato sul valore degli immobili dovuto alla realizzazione di tutti gli interventi e le opere.

Come abbiamo visto, in questo modello, i fattori considerati per ciascun tipo di intervento sono sostanzialmente due:

- il **raggio** del buffer dell'area di impatto
- il **peso** specifico.

La quantificazione di questi fattori può essere fatta in molti modi: uno dei più utilizzati consiste nel sottoporre la problematica ad un panel di soggetti valutatori di profilo e ruolo diversi.



3) Modello di stima dei rischi

L'approccio alle problematiche urbane ha sempre una doppia chiave di lettura: spesso si tratta di individuare **soluzioni a criticità** ma in altri casi l'obiettivo è quello di **valorizzare alcune risorse**.

Nel primo caso, la ricerca di soluzioni a situazioni negative è molto frequente un diretto riferimento al **concetto di rischio**.

Com'è noto, il rischio è per definizione un **concetto probabilistico**:

E' la probabilità che accada un certo evento capace di causare un danno alle persone.

Va dunque affrontato con gli strumenti e le tecniche proprie di questa disciplina.

3) Modello di stima dei rischi

La nozione di rischio implica l'esistenza di:

- a) una sorgente di pericolo
- b) le possibilità che essa si trasformi in un danno.

Il concetto di rischio è associabile a tantissimi domini delle attività umane e dei fenomeni naturali proprio in virtù del fatto che **l'intercorrelazione e le interferenze tra dinamiche differenti quasi sempre è di difficile interpretazione.**

Per la lettura di queste dinamiche occorre dunque applicare **modelli di stima** che fanno uso di indici quantitativi derivati anche da fattori qualitativi.

In un SIT i modelli di stima sono associabili alla componente geografica dell'informazione.

3) Modello di stima dei rischi

I modelli di stima del rischio si basano su una funzione generale ormai nota in letteratura.

$$\text{In generale:}$$
$$\mathbf{R = f (Probabilità, Danno)}$$

In protezione civile, con riferimento alle calamità naturali la funzione è stata declinata in:

$$\mathbf{R = f (Pericolosità, Vulnerabilità, Esposizione)}$$

*in cui la probabilità è sostituita dalla pericolosità mentre il danno diviene
f(Vulnerabilità, Esposizione)*

Tematiche tipiche di applicazione:

- *Tutte le tipologie di rischio*

3) Modello di stima dei rischi: metodologia

1. Produzione di un livello informativo di stima o georeferenziazione della pericolosità
2. Produzione di un livello informativo di stima o georeferenziazione della vulnerabilità
3. Individuazione o creazione di un livello di base composto di unità geografiche ottimali per le procedure di processamento e per la restituzione dei risultati
4. Calcolo di un indice sintetico di prodotto pericolosità * vulnerabilità sulla base delle unità geografiche individuate.

Il calcolo dell'indice sintetico, anche in questo caso è piuttosto semplice. Trattandosi di una formula di rischio i due indici di base vanno MOLTIPLICATI anziché rapportati o addizionati.

3) Modello di stima dei rischi: workflow

Tema: rischio alluvioni

1. *Creazione del layer di stima della pericolosità (es utilizzando le aree storicamente allagate e la rete idrografica).*
2. *Creazione del layer della vulnerabilità (semplificato: ad es. popolazione; oppure ponderato: ad es. proporzionale a popolazione, attività economiche, beni di valore ecc.)*
3. *Creazione di una griglia a maglie regolari*
4. *...*
5. *...*
6. *...*
7. *(la restante parte del workflow è analoga a quanto visto per domanda/offerta)*

Nella stima di pericolosità e vulnerabilità si può applicare il modello di valutazione degli impatti(2) per integrare diverse componenti semplici che concorrono a formare gli indici di stima.

4) Modello orientato alla comparazione di scenari

Come detto più volte, un vantaggio evidente offerto da un SIT ben progettato è dato dalla possibilità di lavorare con **indici quantitativi georiferiti** che possono essere ricalcolati in momenti diversi.

La valutazione di scenari su base multitemporale trova un ottimo strumento nella possibilità offerta dai GIS di **produrre mappe di variazione**.

Le condizioni di base sono il mantenimento della medesima unità geografica di riferimento (anche se entro certi limiti è possibile effettuare trasposizioni e ricalcoli) e la stessa metodologia di calcolo degli indici.

Tematiche tipiche di applicazione:

- *Le più disparate, trattandosi di analisi differenziali. La condizione è data dalla disponibilità di serie di dati georiferiti*

4) Modello orientato alla comparazione di scenari: metodologia

La metodologia di base è costituita appunto dalla produzione di mappe di differenza che possono essere ottenute utilizzando le metodologie viste per gli altri approcci.

Le **varianti** a questo modello sono sostanzialmente due:

1. **Comparazione multitemporale** (si producono due mappe con lo stesso indicatore calcolato in due momenti diversi e si deriva una mappa tematica sulla base della differenza dei due valori).
2. **Comparazione multicriteriale** (si producono due mappe con lo stesso indicatore calcolato con set di pesi diversi e si deriva una mappa tematica sulla base della differenza dei due valori)

Normalizzazione di parametri quantitativi

In alcuni approcci, il calcolo di indici sintetici si basa su espressioni contenenti indici semplici disomogenei, ovvero con **intervalli di variabilità molto diversi**.

Il problema diviene ancora più evidente quando occorre applicare coefficienti moltiplicativi.

Occorre in sostanza **normalizzare gli indici semplici** prima di risolvere l'espressione.

La normalizzazione generalmente ridefinisce l'intervallo di variabilità dei valori di un campo di un intero dataset portandolo nei range tipici 0-1 oppure 0-100.

Il calcolo può essere fatto riversando il valore in un secondo campo oppure creando un campo calcolato («virtuale»)

Normalizzazione di parametri quantitativi: esempio

Per normalizzare una serie di valori occorre applicare le funzioni di aggregazione come *max*, *min* per determinare gli estremi dell'intervallo. Tali funzioni sono presenti in tutti i software GIS, oltre che nei DBMS e geoDBMS.

In QGIS è possibile utilizzare la seguente espressione per normalizzare un dato che varia da 0 a *n* portandolo nell'intervallo 0-1.

$$\text{valore normalizzato} = \text{campo1} / \text{maximum}(\text{campo1})$$

(In QGIS, la funzione «maximum» corrisponde a «max» di SQL)