

Il presente ed il futuro degli strumenti e delle tecniche per la valutazione degli impatti

Gianluca Longobardi¹ and Antonio Mura¹

¹Affiliation not available

Abstract

Le tecniche che vengono impiegate per affrontare una valutazione di impatto ambientale sono varie, esistono alcune tecniche di più recente utilizzo, altre che si sono consolidate con il tempo. Nel seguente studio, infatti, vengono riprese delle tecniche ben lontane tra loro nel tempo, nello specifico la matrice di Leopold (sviluppata nel 1971) e il metodo KFCM. La matrice di Leopold viene utilizzata per la valutazione di impatto ambientale relativo al progetto di un parco eolico, in cui vengono affrontati sia gli impatti positivi e che negativi dei diversi comparti. Segue a questo caso studio un metodo più innovativo, per migliorare attraverso l'utilizzo dell'ANN (Artificial Neural Network), quella che è l'analisi decisionale, riducendo la soggettività, attraverso l'impiego del KFCM (*Metodo Kernel Fuzzy Clustering Means Algorithm*) e della rete neurale BP (Back propagation), in modo tale da standardizzare il processo. L'obiettivo di questo metodo è quello di analizzare i potenziali impatti dell'opera, in modo tale da generare una soluzione di progettazione ottimizzata per ridurre i potenziali impatti ambientali.

Introduzione

La valutazione di impatto ambientale è un complicato problema decisionale che coinvolge diversi aspetti tra cui le emissioni di rifiuti, il consumo di risorse, la salute pubblica, l'utilità energetica. Negli ultimi anni, una maggiore consapevolezza nei confronti della salute pubblica e delle questioni

di protezione ambientale, le preoccupazioni sull'uso del suolo, la perdita di risorse e il cambiamento climatico, hanno attirato l'attenzione su strategie di gestione realmente sostenibili (Tyagi et al., 2018 , ¹). Infatti nel corso degli anni si sono sviluppate diverse tecniche di valutazione per far fronte ai diversi problemi decisionali . Alcune tecniche assumono un approccio che segue l'analisi delle alternative, mentre altre vengono eseguite a valle di quest'ultima. Poiché la selezione dei progetti è caratterizzata da un elevato numero di variabili soggette a molti vincoli, la soluzione è spesso da individuare tra infinite combinazioni possibili. In questo caso, il problema del processo decisionale multicriterio è multi obiettivo. Da un punto di vista matematico, un processo decisionale di questo tipo ha diversi criteri contrastanti, al fine di valutare le alternative, che possono essere rappresentate come punti di un sottospazio multidimensionale finito. Queste alternative sono generate da tutte le possibili combinazioni delle componenti variabili, che fanno parte di un insieme continuo (Naddeo et al., 2013 ²). Tra le tante tecniche abbiamo alcune basate sulle matrici come nel caso della matrice di Leopold, che definisce tutte le attività e i possibili fattori ed aspetti ambientali relativi ad un generico intervento progettuale in relazione alle singole fasi di vita di un'opera di ingegneria. In questo caso l'impatto complessivo considerato sarà dato dal prodotto tra l'intensità e l'importanza assegnata. Il metodo Bresso rientra anche esso nei modelli basati su matrici, questo metodo invece propone per la valutazione, la costruzione di due scale ordinali. La scala *ordinale degli impatti* tiene conto sia della rilevanza degli impatti che della loro reversibilità, *la scala ordinale delle risorse* tiene conto della scarsità, della non rinnovabilità con riferimento ad un orizzonte temporale e del carattere strategico. Per le metodologie basate sui metodi matematici possiamo ricordare il metodo ESS-Battelle che affronta in maniera quali-quantitativa la valutazione degli impatti sull'ambiente. Questa tecnica va a definire delle funzioni scalari allo scopo di trasformare le misure degli indicatori ambientali, in indici di qualità ambientale espressi in una scala tra 0 ed 1. Oltre ai metodi basati su matrici e modelli matematici nel seguente studio viene riportato il metodo KFCM (*Metodo Kernel Fuzzy Clustering Means Algorithm*), che invece impiega l'ANN (Artificial Neural Network) e la rete neurale BP (Back propagation) per effettuare la valutazione.

L'uso della matrice di Leopold nella realizzazione della valutazione di impatto ambientale per un parco eolico

Per l'analisi dei possibili impatti durante la costruzione di un parco eolico, possono essere individuati 9 possibili fattori, che sono effettivamente legati alla realizzazione del progetto.

L'impatto sul ciclo di vita dei tipici sistemi di energia rinnovabile è importante quando li si confronta con i sistemi convenzionali basati sul carburante per la scelta razionale delle fonti energetiche. Oltre alle ben note differenze tra i sistemi di energia convenzionale e rinnovabile in termini di impatto economico, una serie di nette differenze in tutte le altre aree di impatto favoriscono fortemente le soluzioni di energia rinnovabile, la più significativa delle quali è legata alla protezione ambientale ([Sorensen, 1994](#) ³).

I fattori di impatto sono stati valutati separatamente per ciascuna componente ambientale rilevante ai fini di questo studio e successivamente valutati su una scala da 0 a 5 in base all'intensità dell'impatto, in figura 1 sono stati riportati i 9 fattori considerati.

Elaborazione degli effetti valutati dai fattori di impatto sulle componenti ambientali

Bisogna analizzare singolarmente quelli che sono i fattori di impatto che influiscono sulle componenti ambientali, infatti andiamo ad analizzare le componenti fisiche, biologiche, culturali e

sociali.

Il progetto può influenzare o meno il regime e la qualità delle acque sotterranee, tuttavia le turbine eoliche non consumano acqua, quindi non vi sarà la produzione di acque reflue. Per quanto riguarda il possibile impatto sul suolo, può verificarsi principalmente solo a seguito della costruzione delle fondamenta delle colonne delle turbine, dall'impiego delle attrezzature da costruzione e del trattamento inadeguato dei materiali di scarto prodotti durante la costruzione. Alcuni effetti negativi possono verificarsi anche nella fase di costruzione del parco eolico a seguito della realizzazione di alcuni elementi correlati al progetto, ovvero la costruzione di strade e la realizzazione del complesso amministrativo del parco eolico.

Oltre alla capacità di potenza totale e alle dimensioni delle turbine eoliche, l'aspetto spaziale è particolarmente importante considerando l'intensità del rumore generato. Per modellare i livelli di intensità del rumore, si fa riferimento al Regolamento sulla Metodologia di Determinazione della zona acustica.

La componente biologica valuta la fauna presente nell'area interessata, considerando specialmente la fauna volante e i corridoi migratori che potrebbero interferire con l'opera. Anche questo infatti influenza il posizionamento delle turbine eoliche.

Il valore più influente di impatto è associato all'aspetto generale del paesaggio. Gli effetti visivi sull'ambiente circostante sono in realtà un'impressione soggettiva. Si può però giungere ad una conclusione, infatti le turbine eoliche potrebbero modificare solo parzialmente l'ambiente interessato, inoltre, le turbine potrebbero conferire una specifica identità visiva al paesaggio.

Fisicamente, le turbine eoliche occupano solo una percentuale del terreno coperto dal parco eolico, mentre il resto del terreno tra le fondamenta delle turbine e strade interne può essere utilizzato per altri scopi (utilizzato ad esempio per la produzione agricola). Per queste ragioni, non ci sono impatti significativi in termini di cambiamento dell'uso del suolo.

Risulta importante anche che non ci siano siti archeologici protetti e che non ci siano nemmeno altri elementi di carattere culturale, tenendo comunque conto che potrebbe essere possibile imbattersi in siti archeologici sconosciuti. In tal caso, sarebbe necessario intraprendere misure adeguate al fine di preservare i resti. Il rischio di incidenti legato alle turbine eoliche, invece è minimo.

Metodo Kernel Fuzzy Clustering Means Algorithm

Un metodo innovativo per le valutazioni ambientali è il metodo KFCM. Considerando che le tecniche di valutazione ambientale devono considerare sia le prospettive ambientali, che quelle sociali ed economiche, i modelli di valutazione dovrebbero essere sistemi di input multipli e di un output singoli in modo tale da mostrare chiaramente l'influenza ambientale dell'opera in questione, assegnando così un punteggio finale.

Come sappiamo la valutazione ambientale è un processo non lineare, complesso e multidisciplinare, ed è quindi difficile esprimere e misurare con precisione le variabili associate.

Un popolare strumento di modellazione dei dati in grado di eseguire compiti intelligenti è la rete neurale artificiale (ANN) che funziona in modo simile al cervello umano^{4 5}. Le ANN sono ben note per la loro alta precisione e alto tasso di apprendimento, anche quando sono disponibili pochissime informazioni⁶.

Uno degli algoritmi di rete neurale più comunemente studiati è la rete neurale BP, tali reti possono fornire buone capacità di autoapprendimento, autoadattamento e generalizzazione⁷.

Una rete neurale BP può eseguire una classificazione di pattern arbitrariamente complessi e una mappatura di funzioni multidimensionali. Pertanto, l'applicazione di una rete neurale BP a problemi di valutazione complessi può semplificare il processo di valutazione e migliorare l'efficienza e l'accuratezza dei calcoli.

Se una rete neurale viene utilizzata per risolvere un problema di valutazione, è necessario disporre di campioni di “training” per addestrare la rete neurale BP e ottenere regole di apprendimento.

Tuttavia, i pesi di connessione e i valori di soglia di ogni livello della rete neurale BP devono essere inizializzati in modo casuale.

L’obiettivo di questo metodo è analizzare i potenziali impatti ambientali dell’opera, attraverso l’algoritmo di clustering e alla rete neurale BP in modo da generare una soluzione di progettazione ottimizzata per ridurre i potenziali impatti ambientali.

Il metodo proposto consiste in tre fasi:

- analizzare i dati di input originali e costruire un sistema di indici di valutazione;
- raggruppare i dati di valutazione e produrre un insieme di campioni di “training”;
- addestrare la rete neurale BP e identificare i criteri di valutazione del modello; quindi il modello di “training” può valutare le prestazioni ambientali e scegliere lo schema di processo ottimale.

Nel metodo di valutazione dell’impatto ambientale la scelta degli indici è fondamentale. L’inclusione di più indici in una valutazione aumenta la complessità, i tempi e i costi. Diversi indici di qualità ambientale, economica e sociale sono stati utilizzati negli anni per analizzare e valutare gli impatti ambientali.

In generale, questi indici possono essere classificati come indicatori quantitativi e indicatori qualitativi in base al metodo di assegnazione. I valori degli indicatori quantitativi sono precisi e provengono dai dati di misurazione o dati di progetto, mentre gli indicatori qualitativi sono generati da punteggi di esperti su una scala di 10 punti basata su normative specifiche ⁸.

L’obiettivo di questo approccio è ottenere il valore atteso del campione di “training”.

Algoritmo di clustering Fuzzy Kernel

I passaggi di questo metodo sono i seguenti:

Innanzitutto, definiamo una funzione criterio, C , e un centro di raggruppamento iniziale, successivamente in base ai campioni e alla distanza dal centro di raggruppamento, questi ultimi vengono suddivisi in classi. Inoltre viene calcolato il centro del cluster e il grado di appartenenza fuzzy di ciascuna classe per tutti i campioni. Questo processo viene ripetuto fino a ridurre al minimo la funzione del criterio ⁹. Quando si risolvono problemi complessi, non lineari e ad alta dimensione, l'algoritmo FCM (KFCM) del kernel presenta molti vantaggi ¹⁰.

I nuovi vettori di funzionalità vengono costruiti tramite la funzione kernel, pertanto, lo spazio di input viene mappato sullo spazio delle caratteristiche ad alta dimensione in modo che i campioni linearmente inseparabili nello spazio di input diventino separabili linearmente. Infine, il raggruppamento viene eseguito nello spazio delle caratteristiche ad alta dimensione.

Il clustering KFCM partiziona un insieme di n oggetti $X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$ nello spazio dimensionale R^p in cluster fuzzy C . Quindi, tutti i campioni vengono mappati sullo spazio delle caratteristiche ad alta dimensione Q con la funzione Φ per ottenere l'insieme funzionale $\Phi(x_1), \Phi(x_2), \dots, \Phi(x_n)$. Il clustering è completato nello spazio Q .

Secondo la definizione della funzione kernel, la funzione $K(x, y)$ nello spazio delle caratteristiche ad alta dimensione può essere rappresentata dal prodotto scalare dello spazio originale, $K(x, y) = \Phi(x)^T \Phi(y)$ e soddisfano i criteri di disuguaglianza e simmetria di Cauchy-Schwarz.

La matrice e i centri cluster vengono aggiornati attraverso una minimizzazione iterativa della funzione obiettivo. In conclusione avremo una funzione di appartenenza del campione e l'espressione del centro di raggruppamento.

La rete neurale BP, invece, trasmette l'errore e al tempo stesso rettifica l'errore per regolare i pesi

e le soglie, determinando o approssimando la relazione di mappatura di input e output ^{11 12 13}. Una tipica rete neurale BP a tre livelli è composta da un livello di input, uno nascosto e uno di output ¹⁴.

Conclusioni

All'interno di questo articolo è stato affrontato lo studio della matrice di Leopold ed è stata riportata una applicazione riguardante la realizzazione di un parco eolico. Per loro natura, i parchi eolici possono però comportare impatti negativi sull'ambiente, sia nella fase di costruzione (impatti di carattere temporaneo) che nella fase di esercizio. Gli effetti negativi sono legati alla fauna volante, ovvero all'ornitofauna. Si può concludere che l'approccio applicato è possibile utilizzarlo con successo per progetti simili nel campo dell'implementazione di fonti di energia rinnovabile (RE). Di questa applicazione sono state analizzate le diverse componenti (fisiche, biologiche, socio-culturali) che rappresentano i potenziali impatti ambientali sull'area in esame. In seguito è stata analizzata una tecnica di valutazione degli impatti più innovativa, ossia il KFCM (Metodo Kernel Fuzzy Clustering Means Algorithm), che utilizza la rete neurale BP per migliorare il tradizionale metodo di scelta, generando una soluzione ottimale per la valutazione degli impatti. Il metodo di valutazione proposto è diverso dai metodi classici. Sebbene al momento non sia comune utilizzare algoritmi di intelligenza artificiale per la valutazione di impatto ambientale, i vantaggi del metodo in questo studio sono molteplici. In primo luogo, questo metodo ha un'elevata comodità e praticabilità per il funzionamento. Quando i valori dell'indice di valutazione vengono inseriti nel modello, il valore di valutazione di impatto ambientale viene calcolato automaticamente dalla rete neurale BP. Questo complicato processo di analisi avviene istantaneamente. A differenza del metodo tradizionale, il metodo di valutazione può essere utilizzato nelle prime fasi della progettazione del processo per ottenere rapidamente i risultati della previsione senza supervisione di esperti del processo. Il modello di valutazione della rete neurale BP, come il cervello umano, può

imitare il modo di pensare umano e dedurre il valore di valutazione ragionevole in base al risultato dell'apprendimento. La pre-valutazione nella fase iniziale della progettazione può ridurre efficacemente il costo della valutazione e migliorarne l'efficienza. Il modello di valutazione che utilizza la rete neurale BP ha un alto livello di ragionamento, che può garantire la stabilità oggettiva dei risultati della valutazione. Guardando alle tecniche attuali e a quelle di recente sviluppo si ritiene utile l'implementazione delle nuove tecniche al fine di massimizzare l'efficienza della valutazione di impatto ambientale.

References

1. Naddeo, V. & Korshin, G. Water energy and waste: The great European deal for the environment. *Science of The Total Environment* **764**, 142911 (2021).
2. Nesticò, A., Elia, C. & Naddeo, V. Sustainability of urban regeneration projects: Novel selection model based on analytic network process and zero-one goal programming. *Land Use Policy* **99**, 104831 (2020).
3. Scannapieco, D., Naddeo, V. & Belgiorno, V. Sustainable power plants: A support tool for the analysis of alternatives. *Land Use Policy* **36**, 478–484 (2014).
4. Haykin, S. *Neural Networks — Guide books*. (Prentice-Hall, Inc. Division of Simon and Schuster One Lake Street Upper Saddle River, NJ United States, 2007).
5. Rojas, R. *Neural Networks*. (Springer Berlin Heidelberg, 1996). doi:10.1007/978-3-642-61068-4.
6. Soumadip, G., Sushanta, B., Debasree, S. & Partha, P. S. A novel Neuro-fuzzy classification technique for data mining. *Egyptian Informatics Journal* (2014).
7. Liu, T. & Yin, S. An improved particle swarm optimization algorithm used for BP neural network

and multimedia course-ware evaluation. *Multimedia Tools and Applications* **76**, 11961–11974 (2016).

8.Liu, F., Cao, H. J. & Zhang, H. Theory and technology of green manufacturing. *Beijing: Science Press* (2005).

9.Lucieer, V. & Lucieer, A. Fuzzy clustering for seafloor classification. *Marine Geology* **264**, 230–241 (2009).

10.WANG, Y.-gang & XIU, S.-chao. Sample Classification Method for Green Process Evaluation Based on Kernelized Fuzzy C-means Clustering. *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research* (2017) doi:10.12783/dtetr/tmcm2017/12646.

11.Ding, S., Jia, W., Su, C., Zhang, L. & Liu, L. Research of neural network algorithm based on factor analysis and cluster analysis. *Neural Computing and Applications* **20**, 297–302 (2010).

12.Ding, S., Su, C. & Yu, J. An optimizing BP neural network algorithm based on genetic algorithm. *Artificial Intelligence Review* **36**, 153–162 (2011).

13.Rakitienskaia, A. S. & Engelbrecht, A. P. Training feedforward neural networks with dynamic particle swarm optimisation. *Swarm Intelligence* **6**, 233–270 (2012).

14.Bishop, C. M. *Neural networks for pattern recognition*. (Oxford university press, 2007).

Figure Captions

Figure 1. Fattori considerati per la valutazione

Figures



Figure 1: Fattori considerati per la valutazione