

## Un modello di monitoraggio ambientale e socio-economico per la valutazione della sostenibilità

Antonio Boggia \*

*Il modello di monitoraggio ambientale e socio-economico studiato dal Dipartimento di Scienze Economico-Estimative e degli Alimenti della Facoltà di Agraria Università di Perugia e dall'Agenzia di protezione ambientale ha lo scopo di fornire un supporto alla Regione Umbria nella pianificazione dello sviluppo sostenibile del territorio*

L'Agenzia di protezione ambientale e il Dipartimento di Scienze Economico-Estimative e degli Alimenti della Facoltà di Agraria Università di Perugia hanno sviluppato, su incarico della Regione Umbria, uno studio volto a definire una metodologia semplificata ed integrata di "monitoraggio" in grado di facilitare una lettura delle tematiche sociali, ambientali ed economiche a supporto delle attività di programmazione territoriale nel rispetto del principio di sostenibilità. Il lavoro ha rappresentato l'occasione per finalizzare anni di studi e di ricerche da parte delle due istituzioni, sia sul fronte delle analisi complesse con indicatori, sia sul piano metodologico. Il motore centrale del modello scelto è costituito da un set comune di indicatori, in grado di rappresentare le dimensioni della sostenibilità prendendo in considerazione variabili economiche, sociali e ambientali con l'obiettivo di consentire una sintesi comparata tra diverse realtà territoriali. I risultati saranno ottenuti attraverso un modello di analisi multicriteriale che consente di affrontare problemi complessi valutando singolarmente, ma in modo integrato, tutte le variabili in gioco e attribuendo a ciascuna di esse la propria importanza relativa. I metodi di valutazione multicriteriale consentono di effettuare valutazioni comparative e di classificare una serie di alternative usando un insieme di regole decisionali. Tali metodi hanno lo scopo, inoltre, di fornire informazioni sulla capacità delle diverse alternative di raggiungere contemporaneamente gli obiettivi rappresentati dagli indicatori utilizzati nell'analisi.

È questa la ragione per cui essi sono particolarmente adatti nel momento in cui si intenda procedere a valutazioni comparative tra diversi scenari che sono caratterizzati da un profilo multidimensionale, in cui le diverse dimensioni in gioco sono spesso contrastanti tra loro, come nel caso di un'analisi della sostenibilità, che implica obiettivi economici, sociali e ambientali. Le metodologie multicriteri, quindi, aiutano nella ricerca delle migliori soluzioni di compromesso tra obiettivi diversi da raggiungere.

### L'ANALISI MULTICRITERI

L'analisi multicriteri è una metodologia derivata

dalle discipline della ricerca operativa e della teoria delle decisioni; consente di affrontare problemi complessi valutando singolarmente, ma in modo integrato, tutte le variabili in gioco, attribuendo a ciascuna di esse la propria importanza relativa.

I metodi di valutazione multicriteriale permettono di affrontare valutazioni comparative e di classificare una serie di alternative utilizzando un insieme di regole decisionali. Gli elementi di un metodo di valutazione sono le regole di decisione (DR), l'insieme (X) delle alternative (x), e l'insieme delle regole (f<sub>1</sub> . . . f<sub>j</sub>) attraverso le quali ogni attributo è valutato per una data alternativa x, pertanto un metodo di valutazione può essere formalmente scritto come:

$$DR [f_1(x), \dots, f_j(x)] \\ x \in X$$

I metodi di valutazione differiscono tra loro per il tipo di regola decisionale applicata, per le caratteristiche dell'insieme di alternative che possono gestire e per l'insieme di regole usate per valutare gli attributi. Una regola decisionale è da considerare nel più ampio concetto di strategia decisionale, che può essere definita come l'insieme delle procedure necessarie per la ricerca di una soluzione. Una regola decisionale può essere parte di tale strategia.

Il significato operativo della metodologia si riassume in un confronto fra i valori assunti da tutti gli indicatori per ciascuna delle alternative, ottenendo come risultato finale una classificazione delle alternative stesse in funzione del grado di raggiungimento degli obiettivi fissati, in presenza di priorità definite.

I due elementi di partenza, che rappresentano l'input per l'ottenimento dei risultati, sono:

1. una matrice di valutazione X, di dimensioni J x I, considerando i (i=1,.....I) alternative e j (j=1,.....J) indicatori o criteri. Per ciascun indicatore, il comportamento nei riguardi di ogni alternativa è rappresentato da z<sub>ji</sub>, z<sub>ji</sub>' ,.....z<sub>ji</sub>l corrispondente al valore assunto dall'indicatore j per ciascuna delle I alternative. La matrice, così, racchiude in sé tutte le informazioni sul comportamento di ciascun indicatore nei confronti di ciascuna alternativa;



2. un sistema di pesi  $w_j$  ( $j=1,\dots,J$ ), che fornisce informazioni sull'importanza relativa attribuita ai diversi indicatori, e che è rappresentato dal vettore:

$$w = (w_1, \dots, w_j)$$

### LA METODOLOGIA DI VALUTAZIONE

Nel caso del modello di valutazione della sostenibilità, il set degli indicatori economici, sociali ed ambientali rappresenta l'insieme dei parametri utili alla valutazione, mentre le alternative sono rappresentate dai contesti territoriali che si intende valutare, che possono essere di tipo locale (contesti comunali) o più ampi (ad esempio regionali). Una volta quantificati gli indicatori per ciascun ambito territoriale, il punto di partenza è rappresentato dalla creazione di una matrice di valutazione, costituita da  $n$  righe ( $i$  territori) ed  $m$  colonne (gli indicatori). La matrice rappresenta il comportamento di ciascun territorio nei confronti degli indicatori utilizzati. È da sottolineare come i valori degli indicatori contenuti nelle matrici siano espressi ciascuno nella propria unità di misura, presentando quindi un alto livello di eterogeneità. Pertanto, si rende necessaria una standardizzazione ed una trasformazione degli indicatori in criteri. Il criterio - a differenza dell'indicatore di partenza, che esprime solo una misura, una quantificazione di un certo fenomeno o di una certa caratteristica -, è invece espressione delle preferenze dell'analista in riferimento agli obiettivi da conseguire. In altri termini, occorre trasformare la misura pura e semplice di un determinato fenomeno (economico, sociale od ambientale che sia), in un punteggio che esprima "la direzione" di queste misure quantitative, e cioè se quella quantità è più o meno positiva, rispetto agli obiettivi dell'analisi, e rispetto a tutti gli altri valori presenti.

Il problema della standardizzazione viene affrontato impostando due equazioni, una lineare crescente, ed una lineare decrescente, in grado di trasformare tutti i valori della matrice in numeri da 0 ad 1, con la regola che tanto più si è vicini all'1, tanto più si raggiunge l'obiettivo prefissato; per ciascun indicatore, quindi,

un'alternativa evidenzia una buona performance rispetto a quell'indicatore.

Viceversa, quando viene applicata la funzione decrescente, significa che più i valori dell'indicatore sono bassi e più si avvicinano positivamente agli obiettivi dell'analisi. Dopo la standardizzazione, la matrice contiene solo numeri compresi tra 0 e 1. Il passaggio successivo è quello della ponderazione, ovvero l'attribuzione di importanza relativa a ciascun indicatore rispetto agli altri. Questo passaggio viene effettuato mediante la costruzione di un vettore di pesi  $W$ . I pesi vengono assegnati secondo regole di priorità prefissate. Dopo l'applicazione dei pesi, si ottiene la cosiddetta matrice di lavoro pesata, che mantiene sempre il significato della precedente, cioè la scala di misura compresa tra 0 ed 1. Sui dati così elaborati, è possibile applicare la metodologia di aggregazione che porta, come risultato finale, ad una classificazione delle alternative in base ad un indice aggregato.

Questo percorso viene sviluppato separatamente per il profilo socio-economico e per quello ambientale. In altri termini, con la procedura descritta vengono ottenute due classificazioni comparative dei territori oggetto di valutazione: la prima scaturisce da una valutazione socio-economica, i cui risultati sono rappresentati da un indice aggregato di performance socio-economico, mentre la seconda scaturisce da una valutazione ambientale, i cui risultati sono rappresentati da un indice aggregato di performance ambientale. Nella fase finale si procede all'incrocio dei dati socio-economici con quelli ambientali, pervenendo ad un giudizio sul livello di sostenibilità di ciascun territorio.

La metodologia di aggregazione per ottenere gli indici è quella della somma pesata. Tale approccio si basa sul calcolo di un punteggio complessivo per ciascuna alternativa, ottenuto dapprima moltiplicando ciascun valore della matrice per il proprio peso, ed in seguito sommando i valori pesati relativi a ciascun indicatore di ogni alternativa. In tal modo, la migliore alternativa si ottiene dalla:

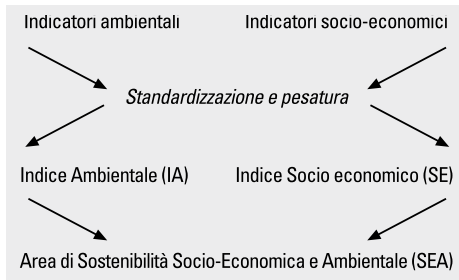
$$\max_{i=1,\dots,i} \sum_{j=1}^J (w_j z_{ji})$$

*L'analisi multicriteri consente di affrontare problemi complessi valutando singolarmente, ma in modo integrato, tutte le variabili in gioco e attribuendo a ciascuna di esse la propria importanza relativa*

Calcolando la sommatoria per tutte le alternative, è possibile costruire un ordinamento, decrescente dal valore più alto al più basso, che rappresenta il risultato finale dell'analisi. Al modello multicriteriale, costruito come sopra descritto, è stata collegata un'interfaccia GIS. I vantaggi di questo collegamento sono legati innanzitutto alla maggiore gestibilità dei dati aggregati a livello territoriale, con la possibilità anche di costruire nuovi indicatori utilizzando le capacità di elaborazione dei dati contenuti nei propri archivi da parte del software GIS. In sintesi, quindi, il percorso metodologico prevede:

1. definizione del set di indicatori ambientali  $ia_1, ia_2, \dots, ia_n$ ;
2. definizione del set di indicatori socio-economici  $ise_1, ise_2, \dots, ise_n$ ;
3. aggregazione del set in un indice di performance ambientale IA, per ciascuna alternativa, utilizzando la procedura di standardizzazione sopra descritta;
4. aggregazione del set in un indice di performance socio-economica SE, per ciascuna alternativa utilizzando la procedura di standardizzazione sopra descritta;
5. classificazione delle alternative mediante metodologia multicriteri, in funzione dell'indice ambientale;
6. classificazione delle alternative mediante metodologia multicriteri, in funzione dell'indice socio-economico;
7. incrocio dei risultati ambientali e socio-economici e classificazione del territorio regionale in funzione del livello di sostenibilità conseguito.

Il percorso metodologico è così sintetizzabile:



## LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ

Molti modelli esistenti che affrontano la valutazione della sostenibilità presentano la caratteristica di una leggibilità scarsamente trasparente. Quasi sempre il risultato finale dei calcoli di tali modelli è rappresentato da un indice aggregato di sostenibilità criptico e di difficile interpretazione. Questo è il problema che generalmente si riscontra quando si utilizzano strumenti per la valutazione di un concetto complesso come quello della sostenibilità, che sintetizzano i risultati ottenuti in un unico indice. Lo stesso Dashboard of Sustainability, il cruscotto della sostenibilità - modello che è nato all'interno della Commissione dell'Onu sullo sviluppo sostenibile (Uncds) ed è stato in seguito migliorato da un piccolo gruppo di ricercatori sotto la guida dell'International Institute for Sustainable Development (Canada), e presentato in occasione del World Summit di Johannesburg nel 2002

*Molti modelli esistenti che affrontano la valutazione della sostenibilità presentano spesso indici aggregati di difficile interpretazione*

-, si propone di integrare in un'unica voce la sfera economica, sociale ed ambientale allo scopo di fornire un quadro sul livello della sostenibilità dello sviluppo di una nazione, regione, provincia, comune, ecc. L'obiettivo perseguito è quindi quello di fornire uno strumento utile a visualiz-

zare in modo sintetico il livello di sostenibilità di una determinata realtà territoriale a partire da un set di indicatori selezionati. È possibile così ottenere un indice complessivo di sostenibilità, chiamato Esi (Environmental sustainability index). Proprio per questa ragione, l'interpretazione e la comprensione dei risultati ottenuti è molto difficile, al punto che il Dashboard è stato definito come una black box, o scatola nera. Uno strumento cioè, in cui vengono immessi alcuni dati, si ottengono degli output, ma non è dato di sapere cosa avviene all'interno. Nel presente studio questo si è voluto evitare. Pertanto, è stata presa un'altra direzione per la valutazione di sintesi sulla sostenibilità dei territori analizzati. Tale decisione è stata influenzata oltre che dal problema della leggibilità, interpretazione e comprensione dei risultati, anche da alcune considerazioni di ordine teorico, con riferimento al concetto stesso di sostenibilità.

Partendo dalla nota definizione del Rapporto *Our Common Future* (1987) o Rapporto Brundtland, che individua nello sviluppo sostenibile quello "Sviluppo che fa fronte alle necessità del presente, senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare le proprie esigenze", gli studiosi della problematica hanno concluso che uno sviluppo sostenibile e duraturo è possibile solo se le formulazioni pianificatorie, organizzative e gestionali sono contestualmente basate, oltre che sui classici fattori "capitale fisso" e "lavoro", anche sul capitale naturale. Herman Daly<sup>1</sup>, il padre della teoria economica dello sviluppo sostenibile, ha poi precisato come ci siano due principi di sostenibilità nella gestione delle risorse:

1. La velocità di prelievo delle risorse deve essere uguale alla capacità di rigenerazione;
2. La velocità di produzione dei rifiuti deve essere uguale alla capacità di assorbimento da parte degli ecosistemi nei quali i rifiuti vengono immessi.

Capacità di rigenerazione e capacità di assorbimento devono essere trattate come "capitale naturale": se non si riesce a mantenerle, si ha 'consumo di capitale' e, quindi, non sostenibilità. Lo stesso Daly aggiunge che ci sono due modi per mantenere intatto il capitale totale:

1. Sostenibilità debole: significa mantenere a

un valore costante la somma capitale naturale + capitale prodotto dall'uomo. Il capitale materiale e il capitale naturale sono sostituibili l'uno dall'altro. Alle generazioni future deve essere consegnato un "pacchetto di benessere", composto da una somma costante di capitale materiale e di capitale naturale.

2. Sostenibilità forte: significa mantenere a un valore costante ciascuna componente. Il capitale materiale e il capitale naturale non sono interscambiabili. Ambedue i capitali devono essere mantenuti intatti perché la produttività dell'uno dipende dalla disponibilità dell'altro. La sostituzione del capitale naturale con capitale materiale è possibile solo in misura limitata. A ciascuna generazione, la Terra e le sue risorse sono assegnate in modo fiduciario e ciascuna generazione ha il dovere di lasciare alle generazioni future una natura "intatta" (capitale naturale costante), qualsiasi sia il livello di benessere raggiunto.

In sintesi, la logica dell'aggregazione in un indice di sostenibilità, seppure ottenuto quale risultato di un processo di valutazione multicriteriale, è molto vicina al concetto di sostenibilità debole, per la compensazione che si viene a generare tra gli aspetti socio-economici e quelli ambientali. Ma l'approccio che attualmente viene visto con maggiore favore ed attenzione è quello della sostenibilità forte che, secondo molti autori, sarebbe la vera sostenibilità. Gli aspetti sociali, economici ed ambientali, seppure integrati, devono mantenere una propria autonomia.

Da tutto quanto finora esposto è nato l'approccio attraverso il quale si è giunti alla definizione della parte conclusiva del percorso di valutazione del modello. Tale approccio è basato sull'incrocio degli indici ambientali e di quelli socio economici, non nei loro valori assoluti, ma nelle classi di risposta che per tali indici vengono definite. In tale modo il risultato è una sorta di diagramma che riporta su un asse le classi dell'indice socio-economico e sull'altro quelle dell'indice ambientale, collocando le alternative all'interno delle aree di incrocio che si vengono a creare. L'appartenenza di una alternativa all'una o l'altra delle aree che si vengono a creare, ha un preciso significato in termini di livello di sostenibilità conseguito, ed ha una immediata pos-

sibilità di spiegazione, semplicemente andando a ritroso lungo il percorso dei due indici ed i collegamenti con i dati di base.

È utile ed opportuno ricordare come le classi dei valori dell'indice ambientale, e quelle dell'indice socio-economico si equivalgono in termini di interpretazione, nel senso che hanno lo stesso significato in quanto al livello di raggiungimento dei risultati attesi, ma possono differire negli intervalli numerici che le compongono. Questo, d'altra parte, è logico, se si considera la diversità assoluta tra i due indici, ed è ammissibile in una logica, quale quella multicriteriale, basata sulla comparazione, e non già sull'attribuzione di valori assoluti. Gli incroci fra classi che si vengono a determinare nel diagramma hanno così un significato molto chiaro in termini di combinazione fra risultati ambientali e socio-economici, ma devono acquisire anche una relazione con il livello di sostenibilità conseguito da ciascuna alternativa, secondo l'obiettivo perseguito dal presente studio. La chiave di lettura è fornita proprio dal concetto, sopra ricordato, di sostenibilità forte: il capitale naturale e il capitale prodotto dall'uomo non sono sostituibili, dunque non si percorre la direzione della sostenibilità se dal punto di vista ambientale si ottengono eccellenti risultati, ma le performance socio-economiche sono carenti: il capitale totale deve essere conservato per le generazioni future, senza sostituzioni fra l'una e l'altra componente. L'analisi della sostenibilità si configura, quindi, come un'analisi di equilibrio, dell'equilibrio esistente fra le diverse dimensioni che compongono la sostenibilità. È così che nel diagramma si viene a definire una diagonale, rappresentata dalle situazioni in cui le alternative si posizionano allo stesso livello di classe sia ambientale che socio-economica. Quella diagonale rappresenta il percorso in equilibrio, il percorso della sostenibilità. A questo punto, infatti, non serve ripetere le considerazioni già fatte analizzando separatamente i due indici, ma occorre una lettura integrata, con l'obiettivo della sostenibilità. Ne risulta che tutte le alternative che presentano squilibrio tra l'uno e l'altro risultato, sono distanti da un modello di sviluppo sostenibile. Quelle che si trovano nella diagonale hanno già intrapreso il percorso giusto. Naturalmente,

Fig. 1 - Esempio di matrice della sostenibilità

		A		AE-			S3				
7	A							Regione 8		S3	
6					Regione 5	Regione 1					
5	A-					Regione 16	Regione 13	Regione 7		EA-	
4			Regione 11								
3			Regione 4			Regione 2					
2	S1		Regione 3	Regione 9		Regione 12		Regione 6		E	
1			Regione 20	Regione 2		Regione 10					
		S1		E-			E				
		1	2	3	4	5	6	7			
				INDICATORI SOCIO ECONOMICI (ISEI)							

tale percorso è solo impostato, e necessita di un forte incremento qualitativo, nel caso di posizionamento nella parte bassa della diagonale (incrocio tra classi basse), è più avanzato man mano che si sale lungo la diagonale. Si sottolinea ancora una volta come, per la natura comparativa della valutazione, trovarsi nella parte alta della diagonale non significa essere "sostenibile" in assoluto, ma solo trovarsi più avanti rispetto agli altri territori alternativi nel cammino verso la sostenibilità. Questo approccio non ammette sostituzioni del capitale umano con quello naturale, e non determina lo stabilirsi di una situazione del tipo black box. Il principio della sostenibilità forte è rispettato, i limiti degli approcci del tipo Dashboard of sustainability sono superati.

#### LE APPLICAZIONI DEL MODELLO

Per quanto riguarda l'utilità operativa del modello per il decisore pubblico, occorre sottolineare che si tratta innanzitutto di un sistema di monitoraggio, che consente, pertanto, in primo

luogo, di verificare l'evoluzione di determinate situazioni semplicemente variando ed aggiornando il riferimento temporale dei dati di base, e applicando di volta in volta la procedura.

Il modello può fornire anche utili indicazioni in fase di valutazione, perché fornisce elementi di analisi comparativa utili per apprezzare gli interventi sul territorio. Le finalità come strumento di valutazione possono essere molteplici:

*Il modello può dare utili indicazioni in fase di valutazione, perché fornisce elementi di analisi comparativa utili per apprezzare gli interventi sul territorio*

è sufficiente, infatti, cambiare il set di indicatori, adattandolo ai diversi obiettivi in gioco, e il modello può diventare strumento di supporto alle valutazioni ex ante, in itinere ed ex post.

Prima di intervenire è possibile anche simulare i cambiamenti degli indicatori critici e verificare che effetti producono sul risultato finale, così da stabilire dei target da raggiungere secondo scenari alternativi di riferimento e, conseguentemente, fino a quale punto è necessario spingere l'intervento pubblico. Si tratta come detto, di un modello caratterizzato da grande trasparenza nei passaggi logici, favorita da una completa ripercorribilità dei passaggi effettuati.

Attualmente il modello è stato applicato per due distinti studi di caso; nel primo è stato utilizzato per realizzare un confronto tra i 92 comuni umbri in base ad un set di 21 indicatori (12 ambientali e 9 socio-economico) mentre nel secondo è stata effettuata una simulazione tra le venti regioni italiane in base a 10 indicatori di cui 5 ambientali e 5 socio-economici. L'applicazione ai 92 comuni umbri ha consentito il perfezionamento del modello e delle procedure di analisi fino alla formulazione di un software specifico per la generazione in automatico dei seguenti indici: ambientale, socio-economico e di sostenibilità, oltre alla creazione informatizzata della matrice finale che costituisce l'elemento centrale del monitoraggio e del modello stesso. Il software è stato poi testato con la seconda simulazione relativa alle Regioni e ha confermato la flessibilità del modello e la sua capacità di sintetizzare gli elementi utili per una chiave di lettura codificata della sostenibilità di un territorio. Un ulteriore campo applicativo potrebbe essere quello della Valutazione ambientale strategica di piani e programmi con attinenza alle matrici ambientali. Le valutazioni da inserire nel rapporto ambientale ai sensi della direttiva Vas hanno spesso carattere integrato e tendono a tenere collegata la matrice ambientale con gli aspetti socio-economici dei piani. Tra le possibili evoluzioni del modello potrebbe rientrare poi, a titolo di esempio, la definizione degli indicatori in base a specifici obiettivi ambientali. Si dovrebbe quindi passare da un impiego degli indicatori in valore assoluto o unitario a uno in cui i singoli dati sono riferiti a uno specifico target ambientale e/o socio-economico e a questo rapportati. In questo modo gli indici che ne derivano potrebbero assumere un significato di distanza dall'obiettivo ottimale che permetterebbe una lettura più dettagliata e precisa della distribuzione dei soggetti osservati. In altre parole la matrice costituirebbe in quel caso non solo un momento di confronto tra realtà differenti, ma anche una scala di prossimità rispetto al raggiungimento di target normativi, istituzionali o legislativi.

\* in collaborazione con,  
Roberta Calì, Carla Cortina, Gianluca Massei, Carla Ricci, Paolo Stranieri.

#### Riferimenti Bibliografici

<sup>1</sup> Herman E. Daly (1996) - Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development. Boston: Beacon Press.