

Antonio Boggia

Carla Cortina

*Dipartimento di Scienze Economico-
Estimative e degli Alimenti
Università degli Studi di Perugia
email: boggia@unipg.it
email: ccortina@unipg.it*

*Parole chiave: Multicriteri,
valutazione, sostenibilità
Codice di classificazione argomento
JEL: Q56*

Un modello per la valutazione della sostenibilità dello sviluppo a livello territoriale*

This paper shows how MCDM can help in a complex process such as the assessment of the level of sustainability of a certain area. It presents the result of a study for the implementation of a model for measuring sustainability to address policy actions for the improvement of sustainability. In order to assess sustainability in specific areas, a methodological approach based on multicriteria analysis has been developed. The aim is to define a ranking of the areas to better understand what are the needs for technical and financial support towards the sustainable development path. A case study is presented, the assessment of the level of sustainability in different areas of an Italian Region using the MCDM approach.

1. Introduzione

Le attività umane dovrebbero indirizzarsi verso schemi produttivi a sempre maggiore sostenibilità ambientale. Tale affermazione è frequente nei documenti programmatici proposti dal decisore pubblico, nelle indicazioni del mondo scientifico ed è sempre più condivisa tanto dagli operatori economici, quanto dai consumatori. Tuttavia attuare schemi produttivi sostenibili è un processo complesso in quanto connesso alle interdipendenze che si determinano tra tutte le componenti dei sistemi socio-economici. In questo articolato percorso, il ruolo di un'appropriate politica di indirizzo delle attività antropiche può influenzare in modo efficace il processo della sostenibilità. È necessario in primo luogo definire verso quale tipo di sostenibilità, debole o forte, occorre ed è possibile indirizzarsi. Agire in modo sostenibile significa integrare la difesa attiva dell'ambiente in tutte le politiche settoriali; rendere, cioè, indispensabile che le decisioni, oltre che dai tradizionali criteri di scelta sociali ed economici, vengano supportate da una conoscenza oggettiva in merito allo stato delle risorse naturali. Un passaggio fondamentale per perseguire tale finalità è la disponibilità di tutte le informazioni necessarie per prendere un indirizzo.

* Questo lavoro è il risultato dello sforzo congiunto dei due autori; si segnala tuttavia che A. Boggia ha curato la stesura dei paragrafi 2, 3, 6 e 8, mentre C. Cortina quella dei paragrafi 1, 4, 5 e 7.

L'individuazione e l'utilizzo di indicatori di sostenibilità come strumento a supporto delle politiche di sviluppo sostenibile è ormai riconosciuto dai principali organismi internazionali ed europei. Dagli anni settanta si è assistito ad uno sforzo da parte dei relativi istituti statistici finalizzato alla raccolta di informazioni in campo ambientale, da collegare a quelle relative al sistema socio economico. I dati sull'ambiente sono stati riportati in specifici rapporti sullo stato dell'ambiente con l'obiettivo sia di tenere sotto controllo le condizioni ambientali in relazione alle pressioni antropiche, sia di creare un sistema di statistiche da integrare ai dati economici e sociali.

Tuttavia la sostenibilità non è facilmente misurabile: non si presenta come un fenomeno naturale, facilmente descrivibile attraverso una serie di indicatori direttamente quantificabili. Potrebbe essere evidenziata attraverso un bilancio complesso tra l'insieme dei flussi e dei consumi di risorse all'interno di un dato contesto socio economico, considerando i tassi di riproduzione delle risorse stesse. Tale bilancio dovrebbe tener conto, inoltre, dei fabbisogni attualizzati delle generazioni future. La complessità di questa valutazione ha determinato che non esista ancora un accordo a livello internazionale sugli indicatori di sostenibilità, sui suoi criteri di misurazione e sulle unità di misura.

Il presente studio rappresenta un passaggio verso questa meta. Esso è rivolto a definire una metodologia semplificata ed integrata di monitoraggio che faciliti la considerazione congiunta delle tematiche sociali, ambientali ed economiche nelle attività di programmazione territoriale.

Nello specifico, tenendo presenti le priorità di intervento descritte in un documento programmatico della Regione Umbria (Documento Strategico Preliminare 2007-2013), è stato individuato un set di indicatori ambientali e socio-economici in grado di rappresentare le dimensioni della sostenibilità al livello territoriale prescelto (quello comunale) e sono stati aggregati tali indicatori attraverso un modello di analisi multicriteriale.

I risultati, hanno condotto all'individuazione, al livello territoriale di base, di un indice di sostenibilità ambientale (IA) e ad un indice di sostenibilità socio-economica (SE) nonché ad una lettura congiunta degli stessi.

2. Lo sviluppo sostenibile: un problema multidimensionale

“Lo sviluppo economico sostenibile implica la massimizzazione dei benefici netti dello sviluppo economico, a condizione che siano mantenuti nel tempo i servizi e la qualità delle risorse naturali” (Pearce et al. 1988). Da questo punto di vista la missione delle attività economiche non è solo la produzione, ma anche il risparmio dello stock di capitale naturale. Per raggiungere la sostenibilità occorre dare priorità allo stock di capitale naturale, piuttosto che al flusso di reddito che potrebbe originare. Una delle più gravi debolezze attuali dello sviluppo sostenibile è che non è possibile misurare il livello di sostenibilità raggiunto da una determinata attività, oppure da un governo. Gli economisti dell'ambiente stanno lavorando per raggiungere questo obiettivo ma, anche se è possibile trovare ottime spiegazioni teoriche dei sistemi economici sostenibili, c'è un vuoto di conoscenza su quali pro-

blematiche ambientali dovrebbero essere incorporate nel calcolo economico, e su come sia possibile misurare la sostenibilità.

La sostenibilità è un concetto multidimensionale: aspetti economici, sociali ed ambientali devono essere considerati simultaneamente. Lo strumento appropriato per una rappresentazione multidimensionale è rappresentato da un opportuno set di indicatori, che deve essere integrato in una metodologia di valutazione, per l'utilizzazione ai fini della misurazione della sostenibilità (Moffat et al., 2001; Lawn, 2006).

Da quanto finora affermato emerge con chiarezza che l'approccio economico-ecologico si presta particolarmente bene all'interpretazione ed alla valutazione dei molti aspetti coinvolti. D'altra parte, anche in presenza di un percorso teorico di base delineato in modo soddisfacente, ai fini della valutazione è sempre necessaria la formalizzazione in un metodo operativo. L'approccio economico ecologico, seppure con diverse variegature, si fonda sul riconoscimento della complessità, abbandonando così i rigidi schemi di semplificazione proposti dall'economia neoclassica (Young, 1992; Common, Stagl, 2005). In tale ottica, i procedimenti di valutazione devono acquisire la capacità di interpretare e quantificare una moltitudine di aspetti. La necessità di mettere in relazione le valutazioni economico-estimative con le valutazioni provenienti da altri punti di vista, come quello biologico, ecologico, sociale, ha portato alla definizione del valore complesso, che nel caso di risorse di interesse pubblico assume il nome di valore sociale complesso. Il valore sociale complesso rappresenta un paradigma che si contrappone a quello del valore economico totale, ma che, contrariamente a quest'ultimo, non ha ancora uno sviluppo, teorico ed applicativo, sufficientemente articolato, certamente a causa della sua recente formulazione. Milan Zeleny (1993), Peter Njikamp e Henk Voogd (1989), Luigi Fusco Girard (1993), sono gli studiosi che più attentamente hanno affrontato l'analisi del valore sociale complesso. "Il valore sociale complesso enfatizza in particolare la multidimensionalità del processo di valutazione..." (Fusco Girard 1993). È proprio sul valore sociale complesso che si fonda l'estimo multidimensionale, che vuole considerare nel processo di valutazione l'insieme di tutti i valori che coesistono in una risorsa, che sono molteplici ed eterogenei. La valutazione, in questa ottica, non è più basata sull'unico indicatore monetario, ma su un insieme di indicatori, alcuni dei quali economici, ed altri non monetari. Ecco perché le metodologie di valutazione multicriteriale assumono, nell'estimo multidimensionale, un ruolo centrale (Menghini, 2006). La valutazione viene condotta sulla base di più attributi, ma il risultato finale non è espresso in termini monetari. Le analisi multicriteriali consentono di affrontare problemi complessi valutando singolarmente ma in modo integrato tutte le variabili in gioco, attribuendo a ciascuna di esse la propria importanza relativa. "Un'analisi multicriteriale differisce da un'analisi a criterio unico per il fatto che tende a rendere esplicita una coerente famiglia di criteri, che servirà come uno strumento di comunicazione intelligibile, accettabile ed esaustivo, per permettere la concezione, la giustificazione e la trasformazione delle preferenze all'interno di un processo decisionale" (Roy 1996).

Dunque, l'uso di una procedura di valutazione multicriteriale consente di esaminare un problema da più punti di vista contemporaneamente. Quindi anche dal punto di vista economico, sociale ed ambientale, come richiesto dall'idea stessa di sostenibilità di un intervento.

3. L'approccio metodologico

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.

Nel caso specifico la metodologia è da ricercarsi tra i metodi quantitativi discreti. Questi metodi hanno lo scopo di fornire informazioni sulla capacità delle alternative di raggiungere contemporaneamente gli obiettivi rappresentati dagli indicatori utilizzati nell'analisi.

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

1. una matrice di valutazione X, di dimensioni $J \times I$, considerando i ($i=1, \dots, I$) alternative e j ($j=1, \dots, J$) indicatori o criteri. Per ciascun indicatore, il comportamento nei riguardi di ogni alternativa è rappresentato da $z_{ji}, z_{ji'}, \dots, z_{ji''}$ 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 (1).

$$\underline{w} = (w_1, \dots, w_j) \quad (1)$$

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 (comuni) o più ampi.

Una volta quantificati gli indicatori per ciascun ambito territoriale, il punto di partenza è la 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.

Poiché i valori degli indicatori contenuti nelle matrici risultano espressi ciascuno nella propria unità di misura, presentando quindi un alto livello di eterogeneità, si è resa necessaria una standardizzazione ed una trasformazione dei criteri di valutazione (rappresentati dagli indicatori) in obiettivi.

Il problema della standardizzazione è stato 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. È stata applicata la funzione crescente (2), impostata come segue:

$$\bar{z} = 1 + \left[\frac{\max z_{ji} - z_{ji}}{\max z_{ji} - \min z_{ji}} (0 - 1) \right] \quad (2)$$

quando i valori dell'indicatore più sono alti e più si avvicinano positivamente agli obiettivi dell'analisi

Viceversa, è stata applicata la funzione decrescente (3), impostata come segue:

$$\bar{z} = 0 + \left[\frac{\max z_{ji} - z_{ji}}{\max z_{ji} - \min z_{ji}} (1 - 0) \right] \quad (3)$$

quando più i valori dell'indicatore sono bassi e più si avvicinano positivamente agli obiettivi dell'analisi.

Il passaggio successivo è stato quello della ponderazione, cioè l'attribuzione di importanza relativa a ciascun indicatore rispetto agli altri. Questo passaggio è stato effettuato mediante la costruzione di un vettore di pesi W , assegnati secondo regole di priorità prefissate. È stata ottenuta, così, la matrice di lavoro pesata con una scala di misura compresa tra 0 ed 1¹.

Sui dati così elaborati, è stata applicata la metodologia di aggregazione, che ha portato, come risultato finale, ad una classificazione delle alternative, in base ad un indice aggregato.

A vantaggio della snellezza e dell'immediata operatività del modello di valutazione, è stata utilizzata una metodologia di aggregazione piuttosto semplice: la somma pesata.

Questo approccio si basa sul calcolo di un punteggio complessivo per ciascuna alternativa, ottenuto però 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 (4):

$$\max_{i=1, \dots, I} \sum_{j=1}^J (w_j \bar{z}_{ji}) \quad (4)$$

Calcolando la sommatoria per tutte le alternative, è possibile costruire un ordinamento, 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

¹ Le scelte in sede di standardizzazione (funzione crescente o decrescente) ed in sede di ponderazione (scala delle preferenze adottata) vanno affrontate a livello puntuale, in funzione dei singoli indicatori utilizzati. Il criterio guida per la fase della ponderazione è stato quello di dare priorità a quelle problematiche, sia per il caso ambientale che per quello socio-economico, che al momento attuale sono maggiormente dibattute a livello locale, ma anche a livello internazionale e che rappresentano, pertanto, i punti di maggiore criticità per i quali è necessario trovare risposte in tempi brevi.

di costruire nuovi indicatori utilizzando le capacità di elaborazione dei dati contenuti nei propri archivi da parte del software GIS.

I GIS sono spesso utilizzati per integrare le metodologie di valutazione in campo ambientale e territoriale perché sono degli strumenti di analisi puntuale e continua del territorio, e sono in grado di agevolare la gestione di una gran mole di informazioni, permettendone l'aggiornamento.

Se il campo di applicazione è la valutazione della sostenibilità, l'informazione geografica rende concreta la contestualizzazione delle informazioni qualitative e quantitative. La possibilità di effettuare analisi spaziali e di rappresentare nello spazio dati che non sono spaziali, con tutti i possibili nessi logici, consente di usare il sistema come un formidabile strumento di supporto decisionale.

Il percorso appena illustrato è stato sviluppato separatamente per il profilo socio-economico, e per quello ambientale. In altri termini, con la procedura descritta sono state ottenute due classificazioni comparative delle alternative: 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. Alla fine i dati socio-economici e quelli ambientali sono stati incrociati, pervenendo ad un giudizio sul livello di sostenibilità di ciascun ambito territoriale alternativo.

4. La scelta del livello territoriale di applicazione del modello

La metodologia descritta può essere applicata all'ambito territoriale prescelto: nazionale, regionale, provinciale, comunale, comprensoriale, ecc. Come risultato finale, ad ogni ambito territoriale di base viene associata una precisa caratterizzazione nella scala della sostenibilità, in grado di fornire indicazioni utili per la programmazione degli interventi. La scelta dell'ambito territoriale è anche condizionata dalla disponibilità di dati statistici dettagliati.

Nel presente studio è stata scelta la scala comunale. L'individuazione di tale livello territoriale a cui applicare il modello è stato dettato dalla necessità di supportare il decisore pubblico nella attività di programmazione in considerazione delle priorità di intervento prefissate dalla Regione Umbria nel Documento Strategico Preliminare (DSP) 2007-2013, riportate in Figura 1. È noto che la sostenibilità dello sviluppo viene considerata raggiungibile in concreto se la spinta in termini di attuazione delle politiche nazionali e sovranazionali proviene dal livello locale. Sono le comunità locali, infatti, che devono intraprendere il percorso virtuoso che può dare risultati che, una volta aggregati, diventano di rilevanza nazionale. È importante sottolineare la correlazione esistente tra obiettivi da perseguire – scelte programmatiche – scala territoriale di riferimento – tipologia degli indicatori da utilizzare nell'analisi. Lo strumento può essere anche utilizzato fissando a priori dei *target* da raggiungere nell'ambito territoriale prescelto, per valutare il livello di avvicinamento all'obiettivo prefissato.

Figura 1 – Priorità di intervento prefissate dalla Regione Umbria nel Documento Strategico Preliminare 2007-2013

PRIORITY AMBIENTALI	Incentivazione di imprese a finalità ambientale
	Incentivazione degli investimenti per la riabilitazione degli spazi e terreni contaminati
	Promozione dello sviluppo di infrastrutture connesse alle biodiversità e alla rete Natura 2000 che contribuiscano allo sviluppo economico sostenibile e alla diversificazione delle aree rurali
	Promozione dell'efficienza energetica e riduzione dell'uso intensivo delle fonti energetiche tradizionali
	Elaborazione di piani e misure volti a prevenire e gestire i rischi naturali
	Riduzione della quantità di rifiuti prodotti, raccolta differenziata, realizzazione di infrastrutture per il trattamento dei rifiuti e adozione di misure per il loro smaltimento
	Tutela e regolazione delle risorse idriche
	Protezione e valorizzazione a fini turistici delle risorse ambientali e paesaggistiche
	Diffusione e potenziamento dei sistemi di trasporto a basso impatto ambientale
	Riforma della P.A. regionale e locale, razionalizzazione dei costi, miglioramento dell'efficienza dei servizi
	Azioni di controllo e contenimento dell'inquinamento acustico
	Promozione dell'efficienza energetica
	Sostegno e implementazione degli strumenti di gestione ambientale
	Miglioramento in termini di compatibilità ambientale degli insediamenti produttivi
PRIORITY SOCIO-ECONOMICHE	Rafforzamento e qualificazione del capitale umano, alta formazione, formazione per la ricerca.
	Occupazione
	Integrazione dei soggetti svantaggiati
	Rafforzamento della competitività del sistema delle imprese
	Sostegno alla crescita dimensionale e all'integrazione tra imprese
	Promozione della qualità in ogni ambito del turismo
	Sostegno allo sviluppo rurale
	Rafforzamento e qualificazione del capitale umano, alta formazione, formazione per la ricerca
	Promozione della cittadinanza attiva e della coesione sociale
	Governo del territorio e politica degli insediamenti
Promozione di una crescita economica sostenibile delle attività agricole e agroalimentari	

5. Gli indicatori utilizzati

Gli indicatori sono parametri in grado di fornire informazioni sulle caratteristiche di un evento nella sua globalità, nonostante ne rappresentino solo una parte;

la loro funzione principale è la rappresentazione sintetica dei problemi indagati in modo però da conservare il contenuto informativo dell'analisi.

L'EUROSTAT, l'OECD, la Banca Mondiale, l'Agenzia Europea per l'Ambiente, sviluppano da anni indicatori ambientali e socio-economici condivisi dal mondo scientifico. Tuttavia le fonti ufficiali individuano indicatori su scala nazionale scendendo raramente ad un riferimento territoriale più dettagliato, necessario per condurre un'analisi a livello locale.

Sul piano internazionale si è però compresa la necessità di lasciare alle singole comunità locali l'autonomia di selezionare gli indicatori più adatti alla loro situazione, per meglio rappresentare la propria specificità ambientale ed economico-sociale. Da qui nasce l'esigenza di individuare degli indicatori ad una scala territoriale ridotta, come può essere quella amministrativa relativa ai comuni, che risponda quanto più possibile ai tre grandi requisiti stabiliti dall'OECD, e condivisi a livello internazionale quali la rilevanza, la consistenza analitica, la misurabilità².

La base comunale implica l'esclusione di tutta una serie di indicatori utilizzati per studi a valenza nazionale o internazionale poiché per tale ambito territoriale avrebbero scarso significato. Un esempio eclatante è il rapporto trasporto su strada/ferro di persone e merci che, pur essendo molto esplicativo del livello di sostenibilità dei trasporti a livello nazionale, perde totalmente di significato a livello comunale. La necessità di effettuare le valutazioni prendendo come base territoriale quella comunale ha, dunque, limitato la scelta a parametri misurabili a scala più contenuta.

Esperienze interessanti sviluppate a livello comunale, si ritrovano in studi promossi dall'ANCITEL (la rete dei comuni italiani), dall'EURAC (Institute for research and scientific training in South Tyrol) in collaborazione con l'Istituto di Ricerca Economica della Camera di commercio di Bolzano), dall'Istituto Tagliacarne e in

² Un indicatore per avere *rilevanza* deve essere:

- in grado di fornire una immagine rappresentativa (di stato, pressione, risposta) anche in termini dinamici;
- facile da interpretare e comunicare e capace di evidenziare le dinamiche;
- essere sensibile ai cambiamenti;
- in grado di fornire un'utile base per la comparazione (a livello internazionale, nazionale, regionale, ecc.);
- associabile a una soglia o ad un valore di riferimento;
- utile alla gestione ambientale, sociale ed economica.

Un indicatore per avere *consistenza analitica* deve essere:

- chiaramente definito sul piano tecnico e accettato sul piano scientifico;
- basato su standard nazionali e internazionali;
- impiegabile nell'ambito di modelli previsionali.

Un indicatore è *misurabile* se i dati necessari alla sua costruzione sono:

- già disponibili (o reperibili con costi e tempi ragionevoli);
- documentati;
- di qualità (attendibili ed affidabili);
- verificabili;
- aggiornabili (in tempi ragionevoli).

analisi condotte da Comuni, Province e Regioni nell'ambito delle Agende 21 locali. In particolare, il Coordinamento Agende 21 Locali Italiane, ha avviato una riflessione comune sull'individuazione e sull'uso degli indicatori di sostenibilità inter-settoriali con l'obiettivo di individuare criteri e requisiti per tradurre a livello locale le migliori proposte ed esperienze ormai consolidate a livello internazionale, affinché ogni realtà locale possa costruire i propri indicatori adatti a rappresentare e monitorare la propria specificità, all'interno di un quadro di riferimento omogeneo (Socco et al., 2002). Alla luce di quanto esposto è stato individuato il set di indicatori riportato in Figura 2. Solo alcuni dei parametri utilizzati, essendo più propriamente degli indici, necessitano di chiarimenti.

L'indicatore sulle *emissioni di anidride carbonica* riporta a scala comunale il dato delle emissioni.

La *superficie artificiale* è data dalla superficie urbanizzata di un comune in rapporto alla superficie totale ed è espresso in percentuale.

L'*indice di frammentazione* è stato calcolato e proposto nell'ambito della Rete Ecologica della Regione Umbria e fornisce l'apprezzamento del livello della fram-

Figura 2 – Gli indicatori ambientali e socio-economici

	Indicatori	Fonte
A ₁	Emissioni di CO ₂	Arpa Umbria
A ₂	Superficie artificiale	Corine system
A ₃	Indice di frammentazione (SFI)	Reg. Umbria
A ₄	Consumo di energia elettrica per uso domestico per utenza	Enel
A ₅	% di raccolta differenziata	Reg. Umbria Arpa Umbria
A ₆	Prelievo di acqua ad uso potabile	Arpa Umbria
A ₇	Carichi potenziali totali (COD, BOD, N, P)	Arpa Umbria
A ₈	N° di aziende certificate/ n° aziende totali	Sincert – Sviluppumbria Arpa Umbria
A ₉	Processi di certificazione ambientale degli Enti Locali	Coord. AG21 - Arpa Umbria
SE ₁	Densità demografica	Istat
SE ₂	Iscritti al collocamento	Centri per l'impiego, Istat
SE ₃	Donne iscritte al collocamento	Centri per l'impiego, Istat
SE ₄	Incidenza infortuni sul lavoro	Inail, Camere di commercio
SE ₅	Indice di scolarizzazione superiore	Istat
SE ₆	Indice di attrazione turistica	Regione, Istat
SE ₇	Indice di dipendenza demografica	Istat
SE ₈	Imprese attive per 100 abitanti	Camere di commercio, Istat
SE ₉	Reddito disponibile	Ancitel

mentazione di un'unità territoriale in funzione degli effetti combinati delle infrastrutture presenti e dell'urbanizzazione linearmente distribuita.

Il *consumo di energia elettrica per uso domestico per utenza* esprime per ogni comune il livello di consumo annuo di energia elettrica in kW ore a uso domestico.

La *percentuale di raccolta differenziata* misura la porzione di rifiuti urbani raccolti in modo differenziato per singolo comune.

Il *prelievo di acqua ad uso potabile* indica il prelievo annuo pro capite di acqua per comune.

I *carichi potenziali totali* è un indice composto da quattro indicatori rapportati alla unità di superficie del singolo comune (kmq) ognuno relativo alla singola tipologia di carico (COD, BOD, N e P) ed espresso in chilogrammi.

Il *numero di aziende certificate/ n° aziende totali* quantifica il rapporto tra il numero di aziende di un dato comune che hanno ottenuto certificazioni ambientali (ISO 14001 ed EMAS) e le altre aziende.

I *processi di certificazione ambientale degli Enti pubblici* esprime lo stato di avanzamento dell'implementazione di processi di gestione ambientale registrati a livello comunale (Agenda 21, contabilità ambientale, certificazioni ambientali).

La *densità demografica* è il rapporto tra la popolazione residente alla fine dell'anno e la superficie territoriale del comune.

Gli *iscritti al collocamento* misura la percentuale di iscritti ai Centri per l'Impiego sul totale della popolazione in età tra i 15 e i 64 anni. Tale indice esprime la percentuale di popolazione in cerca di una collocazione lavorativa sul totale della popolazione attiva.

Le *donne iscritte al collocamento* misura la percentuale di donne iscritte ai Centri per l'Impiego sul totale della popolazione in età tra i 15 e i 64 anni.

L'*Incidenza di infortuni sul lavoro* è il rapporto percentuale tra il numero di infortuni denunciati e il numero degli addetti.

L'*indice di scolarizzazione superiore* misura il rapporto percentuale tra persone con più di 17 anni in possesso di diploma o di laurea e il totale della popolazione con più di 17 anni.

L'*indice di attrazione turistica* è il rapporto tra il quoziente comunale ottenuto considerando le presenze turistiche registrate e la popolazione residente e il quoziente medio regionale. L'indice esprime l'incidenza delle presenze turistiche rispetto alla popolazione residente ed è una misura dell'appetibilità di un territorio e dello sviluppo delle attività connesse al turismo.

L'*indice di dipendenza demografica* ha come unità di misura: il rapporto percentuale tra popolazione da 0 e 14 anni più la popolazione da 65 anni e oltre e la popolazione da 15 a 64 anni. L'indice rapporta la popolazione dipendente, individuata tra le due fasce di età estreme, con quella attiva individuata nella fascia di età centrale.

Le *imprese attive* è il rapporto percentuale tra numero di imprese attive e i residenti comunali. Le imprese considerate sono quelle iscritte nel registro della Camera di Commercio che esercitano attività e non risultano avere procedure concorsuali in corso e comprendono le imprese agricole, industriali, artigianali, commerciali, e di servizio. L'indicatore consente di esprimere la vitalità imprenditoriale di un territorio.

Il *Reddito disponibile*, espresso in migliaia di euro per abitante, misura il reddito che le famiglie possono spendere dopo aver pagato le imposte ed aver ricevuto i trasferimenti pubblici.

Al fine di popolare gli indicatori individuati è stato fatto riferimento alle fonti statistiche ufficiali riportate in Figura 2. Per alcuni indicatori, grazie al collegamento con l'interfaccia GIS, ed alla conseguente georeferenziazione del modello, i valori utilizzati sono derivati dalla interrogazione di un SIT. L'anno di riferimento dei dati utilizzati è stato il 2004.

Tutti gli indicatori sono stati standardizzati, mediante le sopra descritte funzioni crescenti o decrescenti, a seconda dell'obiettivo da conseguire, e pesati, sulla base di un vettore di pesi attribuiti adottando il criterio della rilevanza della problematica sintetizzata dall'indicatore. Allo scopo è stato predisposto un documento sintetico contenente le caratteristiche di ciascun indicatore, l'aspetto ad esso collegato, la rilevanza dello stesso aspetto in termini di presenza nel dibattito a livello nazionale ed internazionale e di criticità della problematica da esso rappresentata. Tale documento è stato fornito ad un gruppo di funzionari regionali, esperti dei settori rappresentati dagli indicatori. In seguito è stato organizzato un focus group, durante il quale, attraverso un sistema di pesi basato sul confronto a coppie³, si è giunti a definire una scala di priorità, sia per l'analisi ambientale, sia per quella socio-economica. Le matrici dei confronti a coppie hanno dato origine ai vettori dei pesi che, attraverso una elaborazione esclusivamente matematica, sono stati infine trasformati in numeri la cui somma deve essere 1, al solo scopo di mantenere la scala 0-1, con il significato ad essa associato. Per ciascun indicatore, sia ambientale sia socio-economico, la Figura 3 mostra la funzione utilizzata per la standardizzazione, ed il peso attribuito.

Infine, sono stati calcolati l'indice socio-economico (SE) e l'indice ambientale (IA), applicando il metodo della somma pesata.

6. Dagli indicatori ambientali e socio economici alla valutazione della sostenibilità

Individuato il set di indicatori descritto sono seguite le seguenti fasi di lavoro:

1. popolamento degli indicatori/indici ambientali $ia_1, ia_2, \dots ia_n$;
2. popolamento degli indicatori/indici socio-economici $ise_1, ise_2, \dots ise_n$;
3. aggregazione degli indicatori/indici ambientali in un indice di performance ambientale IA, per ciascuna area di studio, utilizzando una procedura multicriteri quantitativa;
4. aggregazione degli indicatori/indici socio-economici in un indice di performance socio-economica SE, per ciascuna area di studio, utilizzando una procedura multicriteri quantitativa;
5. classificazione dei Comuni mediante metodologia multicriteri, in funzione dell'indice ambientale;

³ Adottando le scale numeriche previste nel metodo AHP di Saaty (1980).

Figura 3 – Funzioni e pesi attribuiti agli indicatori

TIPO DI INDICATORE	NOME DELL'INDICATORE	TIPO DI FUNZIONE	PESO	
INDICATORI AMBIENTALI	Emissioni di CO2	decrescente	0,15	
	Superficie artificiale	decrescente	0,05	
	Indice di frammentazione	decrescente	0,10	
	Consumo energia elettrica uso domestico	decrescente	0,10	
	% raccolta differenziata	crescente	0,15	
	Prelievo di acqua ad uso potabile	decrescente	0,15	
	Carichi potenziali totali	BOD	decrescente	0,20
		COD	decrescente	
		Azoto	decrescente	
		Fosforo	decrescente	
Aziende certificate/aziende totali	crescente	0,05		
Processi di certificazione amb. enti pub.	crescente	0,05		
INDICATORI SOCIO-ECONOMICI	Densità demografica	crescente	0,05	
	Iscritti al collocamento	decrescente	0,10	
	Donne iscritte al collocamento	decrescente	0,10	
	Incidenza infortuni sul lavoro	decrescente	0,10	
	Indice di scolarizzazione superiore	crescente	0,15	
	Indice di attrazione turistica	crescente	0,10	
	Indice di dipendenza demografica	decrescente	0,15	
	Imprese attive per 100 abitanti	crescente	0,10	
Reddito disponibile	crescente	0,15		

6. classificazione dei Comuni mediante metodologia multicriteri, in funzione dell'indice socio-economico;
7. incrocio dei risultati ambientali e socio-economici e classificazione del territorio in funzione del livello di sostenibilità conseguito.

Calcolati l'indice ambientale (IA) e socio-economico (SE) per ciascuno dei 92 Comuni dell'Umbria, è stato possibile stabilire un ordine comparativo tra le diverse realtà territoriali. L'analisi di ciascuna delle due graduatorie ottenute illustra con chiarezza la distribuzione dei Comuni rispetto alla situazione ambientale ed alla situazione socio-economica. I punteggi ottenuti da ciascun Comune rispetto ai due indici non determinano due graduatorie di "merito", ma permettono di definire la collocazione relativa di ciascun Comune.

Per la valutazione di sintesi del livello di sostenibilità raggiunto da ciascun Comune, un primo orientamento è stato quello di ricorrere ancora alla valutazione multicriteriale, questa volta applicando la metodologia prima descritta al complesso degli indicatori di partenza, sia socio-economici sia ambientali. In questo modo sarebbe stato possibile ottenere una classificazione dei comuni in funzione della loro capacità di raggiungimento, al tempo stesso, dei risultati socio-economici ed ambientali, in linea con il concetto di sostenibilità. L'elaborazione dei dati ha dato origine a risultati che presentavano la caratteristica di una leggibilità scarsamente trasparente. In altri termini, l'ottenimento di un indice aggregato di sostenibilità, sulla base del quale costruire la classificazione dei Comuni, rischiava di fare perdere le informazioni necessarie alla comprensione del risultato stesso. Questo è il problema che generalmente si riscontra quando si utilizzano strumenti che sintetizzano i risultati ottenuti in un unico indice, per la valutazione di un concetto complesso come quello della sostenibilità. Lo stesso *Dashboard of sustainability*, il cruscotto della sostenibilità, modello che è nato all'interno della Commissione dell'ONU sullo Sviluppo Sostenibile (UNCSD) 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, si propone di integrare in un'unica voce la sfera economica, sociale ed ambientale al fine 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 per visualizzare 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 Comuni e l'indice aggregato di sostenibilità ottenuto dalla ulteriore valutazione multicriteriale è stato accantonato.

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, nel formulare la sua teoria economica dello sviluppo sostenibile, ha poi precisato come ci siano due principi di sostenibilità nella gestione delle risorse (Daly 1996):

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 ambientali⁴. 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 (Gibson et al., 2005; Bell, Morse, 1999a, 1999b). Gli aspetti sociali, economici ed ambientali, seppure integrati, devono mantenere una propria autonomia. Alla luce di questo, l'approccio di valutazione di sintesi è basato sull'incrocio degli indici ambientali e di quelli socio-economici nei loro valori assoluti. La loro lettura incrociata permette di verificare come si colloca un comune dotato di una certo punteggio di sostenibilità socio-

⁴ L'approccio multicriteriale scelto per questo studio presenta il limite della compensazione tra i diversi obiettivi. Questa caratteristica ne sconsiglia l'uso per un'analisi unitaria degli aspetti ambientali e socio-economici. Tuttavia, al di là dell'aspetto legato al metodo specifico, affidare ad un indice complessivo l'informazione finale è, come già ricordato a proposito del *Dashboard of sustainability*, poco trasparente. Come verrà evidenziato nelle considerazioni conclusive, il prossimo sviluppo del modello prevede la sperimentazione di un approccio non compensatorio e capace di gestire anche informazioni di tipo “approssimato” (*rough set*).

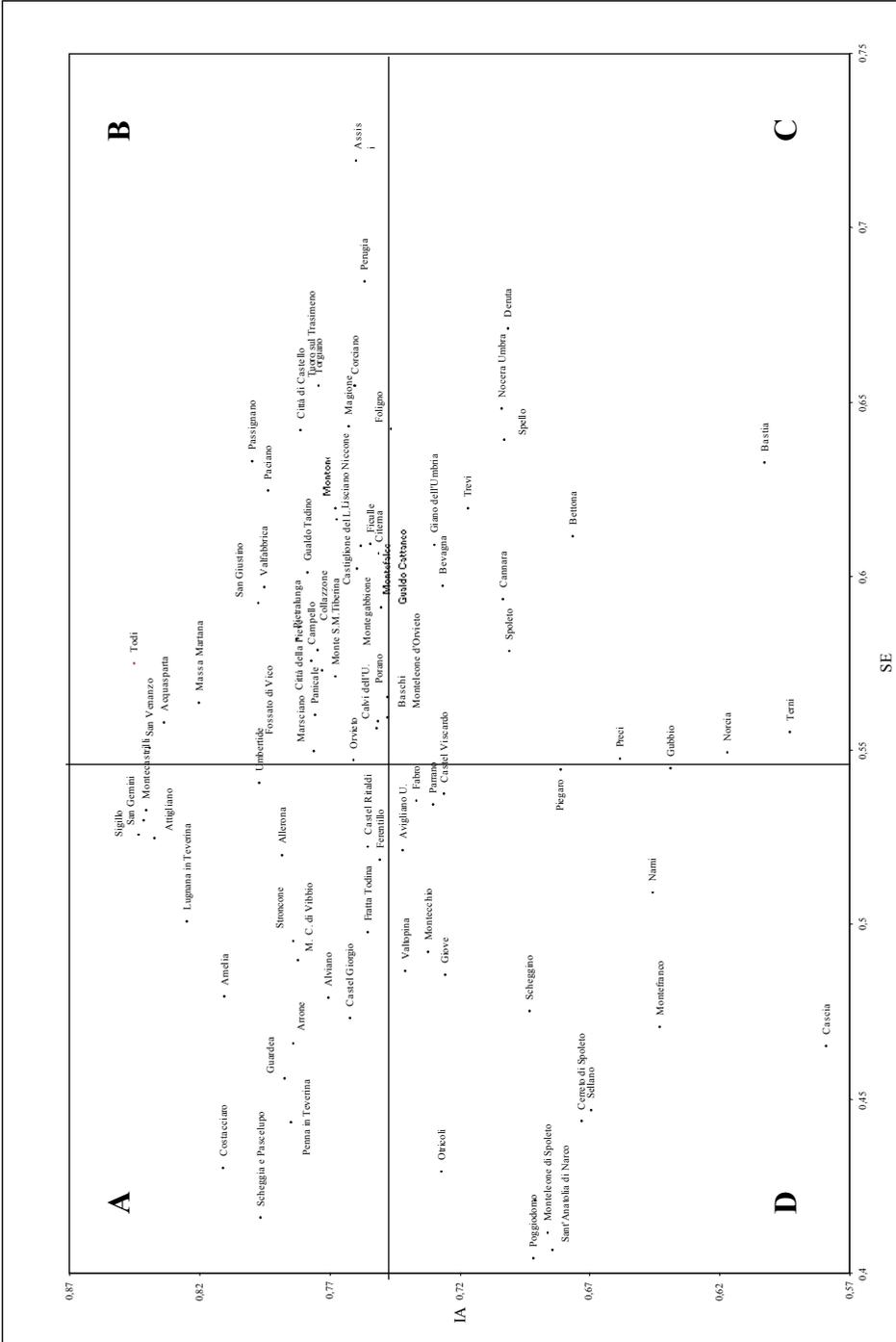
economica rispetto alla sostenibilità ambientale, e viceversa. Un modo esplicativo per visualizzare il posizionamento di un comune rispetto ad un altro e i singoli valori dei due indici calcolati è rappresentato in Figura 4. Poiché i valori dell'indice ambientale e dell'indice socio-economico sono compresi tra 0 e 1 e, pertanto, non esistono valori negativi né sull'asse dell'ascisse, che rappresenta i punteggi dei vari comuni nella classificazione rispetto a IA, né sull'asse dell'ordinate, che rappresenta i punteggi dei vari comuni nella classificazione rispetto a SE, è stato possibile suddividere il grafico in quattro quadranti. Essi sono stati individuati tracciando un asse parallelo a quello delle ascisse e uno parallelo a quello delle ordinate rispettivamente in corrispondenza del valore medio assunto dall'indice IA e del valore medio assunto dall'indice SE. Nella rappresentazione grafica è stato omesso il Comune di Polino, il quale presentando un valore dell'indice socio-economico molto più basso rispetto a quello degli altri Comuni umbri, determinava uno schiacciamento del grafico penalizzando la visualizzazione.

In tale modo il risultato è rappresentato da un diagramma che riporta sull'asse delle ascisse due classi dell'indice socio-economico (sopra e sotto la media) e sull'asse delle ordinate due classi dell'indice ambientale (sopra e sotto la media), collocando i comuni all'interno delle aree che si vengono a creare. L'appartenenza di un Comune all'una o l'altra delle quattro aree ha un preciso significato in termini di livello di sostenibilità conseguito, ed ha una immediata possibilità 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 i valori dell'indice ambientale, e quelli 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 differiscono negli intervalli numerici che li 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. Il punteggio, dunque, non rappresenta il raggiungimento di un determinato livello assoluto di risultato ambientale, o socio-economico, ma semplicemente serve da scala di riferimento per la comparazione tra i comportamenti dei diversi comuni e la loro classificazione. Intervalli diversi, dunque, non comportano errori di interpretazione, soprattutto se aggregati in classi. Dopo l'aggregazione le due classi dell'uno e dell'altro indice assumono sì lo stesso significato, e diventano anche comparabili, svolgendo in pratica la funzione di una standardizzazione.

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 ciascun Comune, secondo l'obiettivo perseguito dal presente studio. La chiave di lettura è fornita proprio dal concetto, sopra ricordato, di sostenibilità forte: il capitale naturale ed 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, o viceversa: il capitale totale deve essere conservato per le generazioni future, senza sostituzioni fra l'una e l'altra componente. L'analisi

Figura 4 – Rappresentazione grafica dell'indice socio-economico (SE) e dell'indice ambientale (IA) per ciascun comune umbro



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 ideale, rappresentata dalle situazioni in cui i Comuni si posizionano su livelli molto vicini di comportamento sia ambientale che socio-economico. 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 tutti i Comuni che presentano squilibrio tra l'uno e l'altro risultato, sono distanti da un modello di sviluppo sostenibile. Quelli che si trovano lungo la diagonale ideale hanno già intrapreso il percorso giusto. Naturalmente, tale percorso è solo impostato, e necessita di un forte incremento qualitativo, nel caso di posizionamento nella parte bassa della diagonale (incrocio tra valori bassi di IA ed SE), 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 degli altri comuni 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.

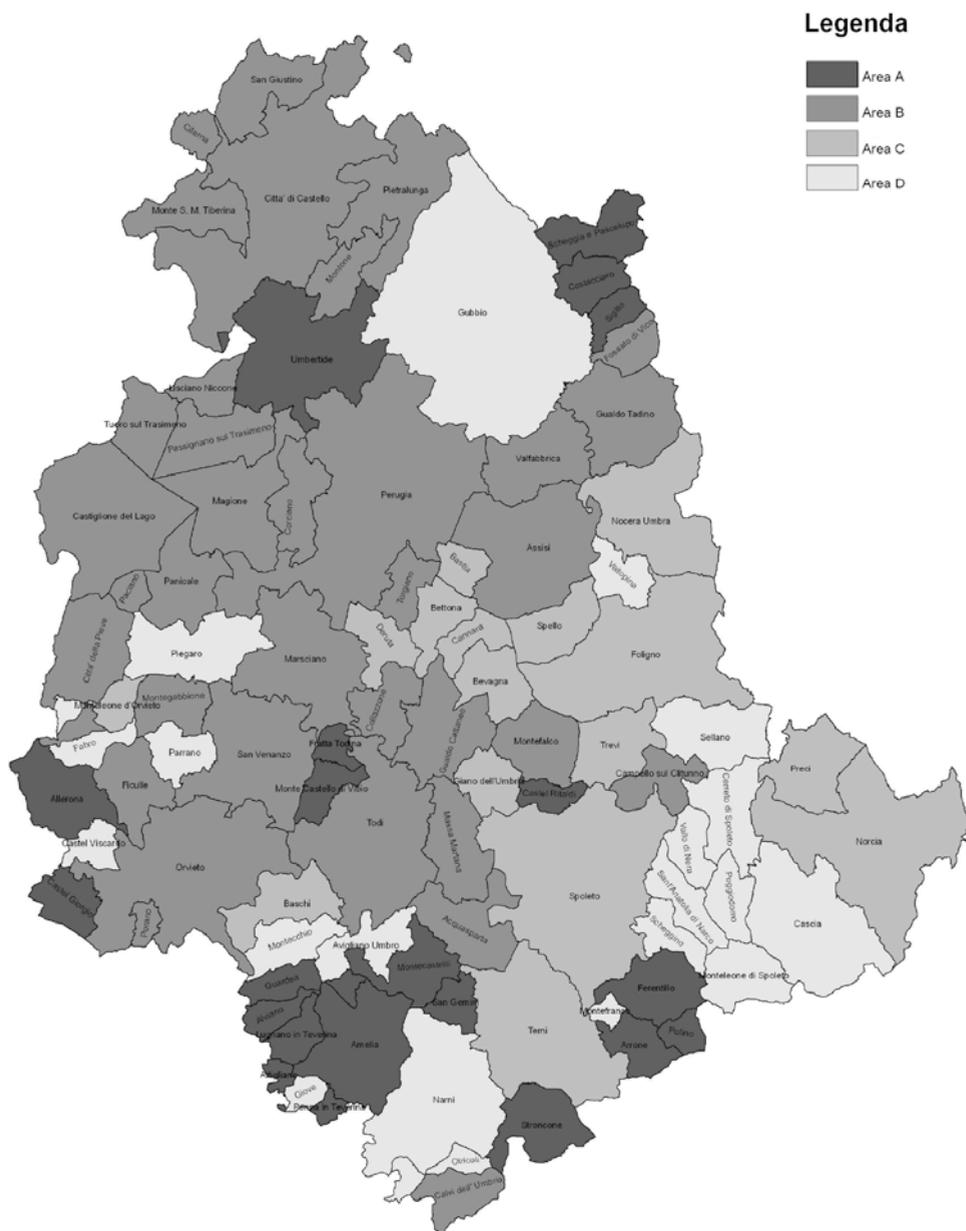
7. L'analisi di sostenibilità

Alla luce di quanto esposto l'analisi di sostenibilità intende offrire una sintesi integrata dei risultati ottenuti a livello di singolo indice (ambientale e socio-economico) per individuare aree omogenee di territorio umbro in base agli indicatori adottati.

Le aree presentate di seguito nascono dall'incrocio delle due classi IA, identificate dalla distribuzione degli indici dei Comuni attorno al proprio valore medio e delle due classi SE, individuate secondo il medesimo criterio, e tendono a raggruppare "porzioni" di territorio che mostrano indicazioni omogenee dei due indici. Le aree così definite presentano situazioni assimilabili valutate secondo un criterio di sostenibilità. In questa valutazione il principio di sostenibilità è inteso come *la ricerca di un equilibrio tra sviluppo socio-economico e gestione delle risorse ambientali*. Le aree che si formano rappresentano quindi aggregazioni in cui, a vari livelli, si possono registrare situazioni di "equilibrio" o di "prevalenza" tra gli aspetti socio-economici e quelli ambientali. La cartina dell'Umbria riportata in Figura 5 offre una visualizzazione dell'appartenenza di ciascun comune ad una delle quattro classi individuate.

L'area A (classe 1 per SE e classe 2 per IA) comprende i comuni con un indice SE inferiore alla media e un indice IA superiore alla media. Si tratta di Comuni che presentano uno sviluppo squilibrato dove la componente ambientale prevale

Figura 5 – Rappresentazione grafica dei Comuni umbri appartenenti alle quattro classi individuate



su quella socio-economica. In tale area ricadono 21 Comuni, di cui 7 in provincia di Perugia, che interessano circa il 13% del territorio e circa l'8% della popolazione regionale. Ricade in questo gruppo Polino, uno dei comuni a più bassa den-

sità demografica (14 ab/kmq), che presenta “valori critici”⁵ per tutti gli indicatori socio-economici fatta eccezione per l’indice di attrazione turistica e per il reddito disponibile. Sono presenti nel raggruppamento ben sette Comuni con valori critici rispetto al numero di cittadini, sia uomini sia donne, iscritti all’ufficio di collocamento, e due di quelli che fanno registrare il più alto numero di infortuni sul lavoro. Sono presenti, inoltre, diversi comuni con valori critici dell’indice di attrazione turistica e di reddito disponibile. Per contro, tutti i Comuni ricompresi nell’area presentano basse emissioni di anidride carbonica, limitati prelievi di acqua, acqua di buona qualità, e bassi valori dell’indice di frammentazione. Sono, però evidenti ritardi nella certificazione ambientale di enti ed imprese. In questi territori, l’ambiente potrebbe fungere da volano per un miglioramento socio-economico.

L’area B (classe 2 per SE e classe 2 per IA) comprende i comuni con un indice SE superiore alla media e un indice IA superiore alla media. Sono i Comuni che presentano le componenti ambientali e socio-economiche non solo equamente distribuite, ma anche ben sviluppate. Ciò dovrebbe rappresentare la sintesi dei risultati a cui tendere nella “ricerca” di uno sviluppo definito sostenibile. Rientrano in questo gruppo il 38% dei Comuni umbri, i quali si trovano per l’80% in provincia di Perugia. La superficie complessiva interessata è pari a circa il 46% del territorio e a circa il 50% della popolazione regionale. Per i Comuni che ricadono in questa area eventuali interventi dovrebbero tendere al mantenimento dell’equilibrio tra le due componenti ed al contemporaneo innalzamento degli indici. Fanno parte di questo gruppo Assisi e Todi che rappresentano i comuni più virtuosi rispettivamente per le componenti socio-economiche e per quelle ambientali, nonché il capoluogo regionale malgrado le sue performance siano leggermente squilibrate a svantaggio dell’ambiente.

L’area C (classe 2 per SE e classe 1 per IA) comprende i Comuni con un indice SE superiore alla media e un indice IA inferiore alla media. Si tratta di Comuni che presentano uno sviluppo squilibrato dove la componente socio-economica prevale su quella ambientale. In tale area ricadono 16 Comuni, di cui solo 3 in provincia di Terni, che interessano complessivamente circa il 21% del territorio e circa l’32% della popolazione regionale. Si tratta del gruppo di Comuni che, mediamente, presentano la più alta densità demografica, tanto che Bastia, con i suoi 705 ab/kmq, detiene il primato a livello regionale. Questi comuni presentano, inoltre, una scarsa incidenza degli infortuni sul lavoro, un alto indice di attrazione turistica e un elevato reddito disponibile. Per contro, quasi tutti risultano carenti per i livelli raggiunti nella raccolta differenziata, mentre alcuni, come Terni, presentano eccessive emissioni di anidride carbonica, eccessiva superficie artificiale, elevato indice di frammentazione e eccessivi consumi elettrici. È chiaro che per questi comuni sarebbe auspicabile una maggiore attenzione alle componenti ambientali.

⁵ Vengono considerati “valori critici” i dieci valori “peggiori” per ciascun indicatore nell’ambito della serie.

L'area D (classe 1 per SE e classe 1 per IA) comprende i Comuni con un indice SE inferiore alla media e un indice IA inferiore alla media. Sono i Comuni che presentano le componenti ambientali e socio-economiche equamente distribuite, ma poco sviluppate. In tale area ricadono 20 Comuni, di cui 11 in provincia di Perugia, i quali interessano complessivamente il 20% del territorio e circa il 9% della popolazione regionale. Sono il gruppo di Comuni che, mediamente, ha la più bassa densità di popolazione: Poggiodomo presenta solo 4.1 ab/kmq. Le carenze dal punto di vista ambientale riguardano lo scarso livello raggiunto nella raccolta differenziata, gli eccessivi prelievi idrici, specie per Cascia, gli eccessivi consumi di energia elettrica, le eccessive emissioni di anidride carbonica in particolare per Gubbio. Dal punto di vista socio-economico alcuni Comuni del gruppo presentano un numero elevato di infortuni sul lavoro, una elevata dipendenza demografica, un basso indice di scolarizzazione e ridotti redditi disponibili. Per i Comuni di questo gruppo interventi mirati potrebbero generare dei miglioramenti significativi di alcuni indicatori permettendo un nuovo posizionamento lungo la diagonale della sostenibilità.

8. Considerazioni conclusive

La definizione della matrice di sostenibilità permette di posizionare i 92 Comuni dell'Umbria secondo una distribuzione neutrale, definita da un sistema di variabili multiple. La matrice consente di leggere le dinamiche in atto e di focalizzare criticità, emergenze e potenzialità del territorio in esame. Lo strumento permette di segnalare la distanza esistente tra le varie realtà analizzate in funzione di alcuni indicatori predefiniti. Le variazioni dei parametri possono determinare nuove scale comparative.

Il modello si presta anche alla simulazione di scenari alternativi al fine di valutare gli effetti di interventi mirati al miglioramento delle criticità ambientali e/o socio-economiche evidenziate grazie al calcolo dei singoli indicatori.

Lo studio del modello è in fase di continuo miglioramento: il prossimo passo sarà la revisione della metodologia multicriteriale. È in fase di sviluppo, infatti, l'implementazione della metodologia basata sull'approccio *rough set* basata sulla relazione di dominanza (*Dominance-based Rough Set Approach*, DRSA, Greco et al. 1996)⁶. L'uso di questa metodologia consentirà di evitare la difficile fase dell'attribuzione

⁶ La teoria dei *rough sets* (insiemi approssimati), introdotta da Pawlak (1982), è fondata sull'assunzione che ad ogni oggetto dell'universo è associata qualche informazione, espressa utilizzando opportuni attributi che descrivono gli oggetti considerati. Oggetti caratterizzati dalla stessa descrizione sono indiscernibili con riferimento alle informazioni disponibili. La relazione di indiscernibilità così generata costituisce il fondamento matematico della teoria dei *rough sets*. Greco et al. (1996) hanno proposto un nuovo approccio dei *rough sets* per problemi di classificazione multicriteriale dove, a differenza dell'approccio originario, le approssimazioni sono costruite usando relazioni di dominanza invece che di indiscernibilità (*Dominance-based Rough Set Approach*, DRSA). Questo permette di prendere esplicitamente in considerazione le proprietà ordinali degli attributi (criteri) considerati.

dei pesi, e di ottenere risultati che scaturiscono dalla descrizione e valutazione della dipendenza fra variabili e dall'analisi della significatività di attributi rilevanti caratterizzati da informazioni di tipo qualitativo o quali-quantitativo, già sotto la forma di classi, formate in base alle regole di appartenenza che si vengono a delineare.

È evidente che i risultati, e quindi la misura della sostenibilità, dipendono fortemente dagli indicatori utilizzati. La scelta degli indicatori e la scala territoriale di riferimento è funzionale agli obiettivi. Nella presente applicazione gli indicatori selezionati intendevano rispondere alle priorità emerse in sede di pianificazione strategica regionale e pertanto puntavano a costituire un quadro conoscitivo di riferimento per la programmazione di interventi volti allo sviluppo socio-economico sostenibile. La scelta degli indicatori impiegati è stata condizionata dalla disponibilità dei dati e dalla possibilità di aggiornamento degli stessi. Quest'ultima è una prerogativa imprescindibile per la confrontabilità in itinere ed ex-post degli effetti della pianificazione. L'aggiornabilità degli indicatori rende il modello dinamico ed impiegabile anche come strumento di valutazione periodica. Resta da capire se la possibilità di cambiamento degli indicatori in funzione degli obiettivi sia preferibile ad un set standard di indicatori, che andrebbe eventualmente messo a punto a livello europeo, certamente meno flessibile, ma in grado di confrontare tra di loro realtà lontane e diverse, per una maggiore efficacia nell'allocazione delle risorse nell'ambito delle politiche dello sviluppo sostenibile. Per quest'ultimo obiettivo la valutazione assume un ruolo centrale: è necessario uno sforzo a partire dal mondo della ricerca, di concerto con gli enti e gli operatori del settore, per rendere la valutazione della sostenibilità un processo organizzato.

Come è pensabile, infatti, una efficiente distribuzione di risorse a favore di azioni in grado di promuovere uno sviluppo sostenibile, se non si dispone di strumenti in grado di valutare se e quanto sono già vicini al requisito della sostenibilità gli ambiti territoriali destinatari di queste risorse?

Valutare, misurare la sostenibilità diventa, dunque, una necessità.

Bibliografia

- Bell S., Morse S. (1999a). *Sustainability indicators: measuring the immeasurable*. London, Earthscan.
- Bell S., Morse S. (1999b). *Measuring Sustainability. Learning by doing*. London, Earthscan.
- Common M., Stagl S. (2005). *Ecological economics: an introduction*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Daly H.E. (1996). *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston, Beacon Press.
- EURAC (2007). *Alto Adige sostenibile? Indicatori per l'ambiente, la società, l'economia*. Bolzano, Athesia Editrice.
- Fusco Girard L. (a cura di) (1993). *Estimo ed economia ambientale: le nuove frontiere nel campo della valutazione*. Milano, Franco Angeli.
- Gibson R.B., Hassan S., Holtz S., Tansey J., Whitelaw G. (2005). *Sustainability Assessment. Criteria and Processes*. London, Earthscan.
- Greco S., Matarazzo B., Slowinski R. (1996). *Rough approximation of a preference relation by dominance relations*. Warsaw, ICS Research report 16/96, Warsaw University of Technology.
- Lawn P. (ed. by) (2006). *Sustainable Development Indicators in Ecological Economics*. Cheltenham. Edward Elgar Publishing Limited.
- Menghini S. (a cura di) (2006). *Risorse Naturali e Ambiente. Strumenti di valutazione*. Milano, Franco Angeli.

- Moffat I., Hanley N., Wilson M.D. (2001). *Measuring and Modelling Sustainable Development*. Carnforh, The Parthenon Publishing Group.
- Nijkamp P., Voogd H. (ed. it. a cura di Fusco Girard L.) (1989). *Conservazione e sviluppo: la valutazione nella pianificazione fisica*. Milano, Franco Angeli.
- Pawlak Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Information & Computer Sciences* n. 11.
- Pearce D.W., Barbier E., Markandya A. (1988). *Sustainable Development and Cost Benefit Analysis*. Paper 88/03. IIED/UCL London. Environmental Economics Centre.
- Roy B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Saaty T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York, Mc Graw-Hill.
- Socco C., Cavaliere A., Guarini S., Maddedu M. (2002). *Cosa sono gli indicatori di sostenibilità e perché sono indispensabili*. Working Paper n. 4/02. Torino, Osservatorio Città Sostenibili, Dipartimento Interateneo Territorio Politecnico e Università di Torino.
- WCED (1987). *Our Common Future*. Oxford, Oxford University Press.
- Young M.D. (1992). *Sustainable Investment and Resource Use*. Carnforh, The Parthenon Publishing Group.
- Zeleny M. (1993). *Alla ricerca di un equilibrio cognitivo: bellezza, qualità, armonia*. In: Fusco Girard L. (a cura di) *Estimo ed economia ambientale: le nuove frontiere nel campo della valutazione*. Milano, Franco Angeli.