

# Un indice per lo sviluppo sostenibile \*

ENRICO CASADIO TARABUSI e PAOLO PALAZZI

## 1. Introduzione

La comparazione internazionale e intertemporale dei livelli di sviluppo è un compito notoriamente arduo. L'utilizzo del parametro del reddito pro capite, sia nella versione standard sia in quella a parità di potere di acquisto, è ormai comunemente considerata una *proxy* inattendibile della misura del livello di sviluppo di un paese. Infatti lo sviluppo è comunemente visto come variabile multidimensionale della quale il reddito è solo una componente, anche se importante, che cionondimeno va presa insieme a vari aspetti della vita umana diversi dal mero consumo e controllo di beni o servizi. Dei molti tentativi di costruire indicatori più complessi che tengano conto della varietà degli aspetti dello sviluppo, il più noto è quello istituzionale dell'*Indice di Sviluppo Umano* (ISU), proposto in varie versioni dal Programma di Sviluppo delle Nazioni Unite (UNDP) che, pur molto criticato, ha avuto il merito di introdurre il concetto di sviluppo multidimensionale nel mondo istituzionale e dell'informazione.

In questo lavoro vengono calcolati diversi indicatori di sviluppo – alcuni dei quali fanno uso della tecnica statistica delle componenti

---

□ Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Dipartimento di Matematica “G. Castelnuovo”, Roma; e-mail: casadio@mat.uniroma1.it;

Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Dipartimento di Scienze Economiche, Roma; e-mail: paolo.palazzi@uniroma1.it.

\* Una versione in inglese di questo articolo è stata pubblicata sulla *BNL Quarterly Review* (Casadio Tarabusi e Palazzi 2004); in quella versione ci si è soffermati principalmente sugli aspetti metodologici dell'indicatore proposto, in questo articolo vengono invece ampliati gli aspetti teorici e le implicazioni economiche delle scelte alla base della costruzione dell'indice di sviluppo sostenibile.

Gli autori ringraziano due anonimi *referees* per i loro suggerimenti; restano comunque i soli responsabili di eventuali errori.

principali –, non tanto allo scopo di proporre nuove misure dello sviluppo quanto piuttosto nuovi metodi di incorporare in esse il concetto di sostenibilità. L'espressione *sviluppo sostenibile* nella letteratura divulgativa e scientifica si riferisce di solito alla definizione applicata nel famoso Rapporto Brundtland (World Commission on Environment and Development 1987) noto come *Our Common Future*, che la identifica con la capacità di soddisfare i bisogni della generazione attuale senza comprometterne la possibilità alle generazioni future. Si sono anche tentate misurazioni del livello di sostenibilità attraverso un ricalcolo del reddito, prendendo in considerazione vari aspetti negativi (dal punto di vista ambientale, sociale e della qualità della vita) legati al processo di crescita (si vedano i lavori pionieristici di Nordhaus e Tobin 1973, Daly e Cobb 1989 e la recente rassegna di Lawn 2003). Nelle nostre misure di sviluppo verranno incluse alcune variabili, i cui valori sono disponibili per un numero sufficientemente grande di paesi, in modo da rappresentare alcuni degli aspetti della sostenibilità ambientale e sociale. Consideriamo importante l'introduzione di questo gruppo di variabili in quanto alcune di esse presentano una correlazione negativa con quelle comunemente utilizzate per misurare il livello di sviluppo economico.

In effetti, sin dalla sua introduzione, il concetto di sviluppo sostenibile ha combinato aspetti squisitamente ecologici assieme ad aspetti di equità sociale, educazione e salute per tutti, e queste sono proprio le variabili che vengono utilizzate per la costruzione dell'ISU oltre al reddito pro capite. Il concetto di sostenibilità che adottiamo in questo lavoro è quello della "società sostenibile", in quanto introduciamo nella misurazione dello sviluppo quelle caratteristiche che ne descrivono la possibilità di essere stabile. Ciò che qui proponiamo è di verificare la possibilità di introdurre un sistema per valutare la sostenibilità che permetta la modifica, o la correzione, della misura del livello di sviluppo penalizzando quelle situazioni per le quali è inferiore la sostenibilità sociale. A nostro avviso la sostenibilità va affrontata in termini di una definizione teorica di equilibrio dinamico tra i vari aspetti (positivi o negativi) dello sviluppo: il livello di sostenibilità dello sviluppo è massimo lungo un certo luogo di equilibrio nello spazio delle variabili, e diminuisce con l'aumentare della distanza da tale luogo.

Nel trattare della società sostenibile abbiamo bisogno di definire tale luogo di equilibrio, cioè ciò che considereremo un assetto sociale

equilibrato. In generale diremo equilibrato un assetto sociale in cui tutti gli aspetti caratterizzanti lo sviluppo raggiungono livelli simili. La definizione generale deriva dall'ovvia constatazione che, essendo lo sviluppo umano composto di vari aspetti – nessuno dei quali è trascurabile –, è impensabile ipotizzare una completa sostituibilità fra loro: quindi viene di fatto introdotto un concetto di equilibrio.

In un articolo precedente, Palazzi e Lauri (1998), partendo dalla critica alle ipotesi implicite nella costruzione dell'ISU, come quelle della completa sostituibilità e dell'eguale peso dei tre aspetti dello sviluppo scelti, hanno proposto un metodo di calcolo dell'indice di sviluppo tramite l'identificazione di un luogo di equilibrio, includendo una penalità che cresce con la distanza da tale luogo. Il presente lavoro sviluppa ulteriormente questi concetti e propone un metodo di calcolo più generale e sofisticato per un livello di assetto sociale equilibrato per un numero elevato di paesi. In questo lavoro gli aspetti dello sviluppo che prenderemo in considerazione sono quelli economico, ambientale e sociale.

Il piano del lavoro è il seguente: nella sezione 2 iniziamo introducendo le variabili che abbiamo prescelto per descrivere tali aspetti e i paesi per i quali sono tutte disponibili. Proseguiamo poi con la descrizione di come trasformare ciascuna di esse in modo che la sua scala sia uniforme in tutta la sua gamma di variabilità. Per ciascuna variabile:

- 1) ne prendiamo i logaritmi in modo appropriato, a seconda della sua classificazione in una di un piccolo numero di categorie legate alla sua natura *ex ante*;

- 2) ne cambiamo il segno se la correlazione prevista è negativa con l'aspetto rilevante dello sviluppo;

- 3) la trasformiamo (in modo globalmente opzionale) non linearmente mediante una funzione da una famiglia fissata in modo da minimizzare la distanza dei minimi quadrati della sua funzione quantile da quelle affini (cioè dalle linee rette).

I valori così trasformati verranno usati come dati di partenza per ciascuna delle sintesi descritte nel seguito.

Nella sezione 3 descriviamo come si possano costruire due tipi di indici sintetici del livello di sviluppo. Il primo (sottosezione 3.1) si

ottiene usando il metodo statistico delle componenti principali in due passi con una procedura simile a quella proposta da Palazzi (1997):

1) dapprima prendiamo la componente principale separatamente all'interno del gruppo di variabili relative a ciascuno dei tre aspetti dello sviluppo presi in considerazione. Considereremo il valore della prima componente come *proxy* del livello che ciascun paese ha raggiunto in quell'aspetto;

2) sui tre valori sintetici così ottenuti ripetiamo l'analisi per componenti principali, e prendiamo di nuovo la prima componente come indicatore del livello globale di sviluppo di ciascun paese.

Un tipo diverso di indicatore (sottosezione 3.2) si può ottenere con un metodo in grado di identificare un luogo di sviluppo sostenibile nello spazio delle variabili, e di penalizzare il livello di sviluppo di ciascun paese a seconda del suo grado di mancanza di sostenibilità. Questo viene ottenuto:

1) riscaldando ciascuna variabile, così come risulta dopo aver applicato la sezione 2, a un intorno dell'intervallo reale  $[0,1]$ ;

2) trasformandola ulteriormente con un'opportuna funzione concava i cui parametri si possono calibrare;

3) assegnando un peso a ciascuno dei tre gruppi di variabili e un peso a ciascuna variabile nell'ambito del suo gruppo d'appartenenza;

4) infine prendendo la media aritmetica pesata dei risultati.

In considerazione di tutti i passi sopra descritti per questa procedura, e in particolare del riscaldamento al (un intorno del) medesimo intervallo  $[0,1]$ , si prende come luogo di sostenibilità semplicemente la retta diagonale nello spazio delle variabili. Questa procedura soddisfa un insieme minimale di assiomi che migliora quello proposto da Chakravarty (2003). Come vedremo, la graduatoria dei paesi rispetto al loro livello di sviluppo mostra notevoli differenze da quella ottenuta mediante metodi che non prendono in considerazione lo sviluppo equilibrato.

## 2. Le variabili

Le  $N=39$  variabili usate in questo articolo sono ripartite in  $K=3$  gruppi, rispettivamente quello delle  $N_1=10$  variabili economiche, quello delle  $N_2=7$  variabili ambientali e quello delle  $N_3=22$  variabili sociali. (Naturalmente in generale si ha  $N = \sum_{k=1}^K N_k$  ove  $k$  indica il gruppo.)

I valori di tutte le variabili si riferiscono all'anno 1998, ed esse sono elencate nella tabella A.1, mentre gli  $n = 126$  paesi a cui si riferiscono compaiono come colonna all'estrema sinistra della tabella A.2, entrambe nell'Appendice. Com'è ben noto, quando si tratta di analizzare contemporaneamente paesi sviluppati e sottosviluppati, la scelta delle variabili e dei paesi è vincolata dalla disponibilità dei dati. Poiché il nostro obiettivo principale è di illustrare un metodo di calcolo che introduca la nozione di sostenibilità nella valutazione dello sviluppo, abbiamo preferito considerare un numero elevato di paesi a scapito del numero di variabili. Ciò può portare a una rappresentazione incompleta dei tre aspetti dello sviluppo prescelti, anche se, dato il metodo di calcolo, l'aggiunta di ulteriori variabili porterebbe molto difficilmente a cambiamenti rilevanti nei risultati.

Indicheremo con  $x_{j,k}$  la  $i$ -esima variabile del  $k$ -esimo gruppo, ove  $i=1, \dots, N_k$  e  $k=1, \dots, K$ , mentre con  $x_{j,k}^i$  denoteremo il suo valore per il paese  $j$ -esimo, ove  $j=1, \dots, n$ . Tutti i metodi di sintesi che descriviamo includono la seguente sequenza di trasformazioni preliminari comuni su ciascuna variabile; ometteremo nel seguito di questo paragrafo l'indicazione di  $i$  e  $k$ .

1) Dapprima trasformiamo la variabile in modo da migliorare la sua omogeneità metrica, o in altri termini in modo che incrementi additivi simili dei valori trasformati, indipendentemente dai loro livelli iniziali, abbiano simili significati per gli aspetti descritti dalla variabile. Distinguiamo tre casi.

a) Se la variabile (per esempio il reddito pro capite) può solo assumere valori maggiori di una costante  $l$  fissata (di solito  $l=0$ ) ma senza altre restrizioni, allora sottraiamo  $l$  e prendiamo il logaritmo decimale del risultato. (Se poi la variabile assume anche il valore estremo stesso, in modo da evitare valori infiniti in maniera omogenea, aggiungiamo preliminarmente a ciascun  $x^j$  la differenza  $d$  tra il suo

secondo valore minimo e  $l$ .) Così, com'è ben noto, uguali differenze dei logaritmi corrispondono a uguali rapporti di  $x^j - l$ .

*b)* Se la variabile può solo assumere valori tra due costanti  $l$  e  $L$  fissate (di solito una percentuale è di questo tipo, con  $l=0$  e  $L=100$ ), allora prendiamo il logaritmo decimale del rapporto  $(x^j - l)/(L - x^j)$ . (Come prima: aggiungere lo stesso  $d$  come sopra al numeratore se la variabile assume il valore  $l$ ; aggiungere  $D$ , la differenza tra  $L$  e il secondo valore massimo della variabile, al denominatore se la variabile assume il valore  $L$ .) In questo modo, differenze simili di tali logaritmi corrispondono a rapporti simili di  $x^j - l$  per valori di  $x^j$  vicini a  $l$ , o rapporti di  $L - x^j$  per valori di  $x^j$  vicini a  $L$ .

*c)* Se la variabile (diversamente da tutte quelle utilizzate in questo articolo) può assumere valori positivi e negativi illimitati, allora la lasciamo invariata.

2) Sul risultato dell'operazione di cui sopra eseguiamo un'inversione di segno (cioè moltiplichiamo per  $-1$ ) se la variabile (come il tasso di mortalità infantile) viene stimato avere correlazione *ex ante* negativa con lo sviluppo equilibrato e sostenibile. Non verrà applicata alcuna inversione di segno se la correlazione *ex ante* è positiva.

3) A questo stadio possiamo eseguire una trasformazione globalmente facoltativa il cui scopo è di "raddrizzare" la funzione quantile della variabile, in modo da mitigare le sue due code e l'effetto degli *outliers* sui successivi procedimenti di sintesi. Tra le funzioni in una data famiglia  $T$  ne applichiamo una alla variabile (trasformata secondo le indicazioni precedenti) che renda la funzione quantile del risultato più simile a una funzione affine (cioè una linea retta), o in altri termini che minimizzi il rapporto della somma residua dei quadrati (la minima somma di quadrati delle differenze tra tale funzione quantile e una retta) sulla somma di regressione dei quadrati (la somma dei quadrati delle differenze della funzione quantile con la sua media). (Il denominatore serve a rendere il rapporto invariante per riscaldamento. Poniamo  $0/0=0$  nel caso limite di una variabile costante.) Abbiamo scelto come  $T$  la famiglia delle funzioni  $f_{c,t_0}(t) = (1/c) \operatorname{asinh} c(t-t_0)$ , con  $c \geq 0$  e  $t_0$  numeri reali, col caso limite  $f_{0,t_0}(t) = t - t_0$ ; ciascuna infatti è una funzione liscia, dispari intorno a  $t = t_0$  (cioè il grafico è simmetrico rispetto al punto  $t = t_0$  dell'asse orizzontale), la derivata ha massimo uguale a 1 in  $t = t_0$ , è strettamente crescente, illimitata superiormente e inferiormente

e, tranne che per  $c=0$  (nel qual caso il grafico è una retta inclinata positivamente di  $45^\circ$ ), la derivata tende a 0 per  $t \rightarrow \infty$ .

Il passo 3 si intenderà omesso se non verrà dichiarato altrimenti. In ogni caso, la variabile ottenuta trasformando  $x_{i,k}^j$  come descritto sarà indicata con  $y_{i,k}^j$ .

### 3. Gli indici

#### 3.1. Componenti principali

L'uso del metodo delle componenti principali per analizzare fenomeni con caratteristiche multidimensionali è molto comune nelle scienze sociali, sebbene lo sia in misura minore nelle scienze economiche, nelle quali spesso si prediligono strumenti di analisi quantitativa basati sulla verifica di ipotesi di relazione causale. A nostro avviso, in taluni casi tra cui la misura dello sviluppo, i metodi descrittivi risultano più adatti ad analizzare un fenomeno complesso qual è lo sviluppo senza la necessità di introdurre *ex ante* ipotesi di relazioni causali.

Il metodo qui usato per ottenere un indice di sviluppo che fornisca una graduatoria dei paesi significativa è di effettuare un'analisi in componenti principali per ciascuno dei tre gruppi di variabili (economiche, sociali ed ecologiche). I valori delle componenti lungo il primo asse – denotate rispettivamente da P:E, P:S, P:N – possono essere considerate come *proxies* rispettivamente del livello di sviluppo economico, di quello sociale e del grado di sostenibilità ambientale del paese, e viene perciò qui usato come variabile sintetica per l'aspetto pertinente (economico, sociale o ambientale) dello sviluppo. (Le varianze conseguenti sono pari al 40,3, 54,7 e 60% rispettivamente.)

Sulle tre variabili sintetiche così ottenute è stata eseguita un'ulteriore analisi delle componenti principali, di nuovo prendendo la componente lungo il primo asse, che verrà utilizzata come indice sintetico, denotato da P:G (come "generale"), dello sviluppo complessivo dei paesi in esame. I risultati sono elencati nella tabella A.2 dell'Appendice. (La varianza è 87,2%, un valore elevato a causa del piccolo numero di variabili sintetiche utilizzate.) Vengono altresì mostrati i valori dell'indice di sviluppo complessivo, denotato da

P-s:G, ottenuto con lo stesso tipo d'analisi su dati che erano stati sottoposti al raddrizzamento facoltativo delle funzioni quantili descritto come passo 3 nella sezione 2.

### 3.2. *Media concava*

Come spiegato nell'Introduzione, obiettivo principale di questo lavoro è di tener conto dell'equilibrio o della sostenibilità nella misura del livello di sviluppo. Elaboriamo ulteriormente precedenti tentativi di Palazzi e Lauri (1998) e di Gentili (2001) per proporre qui un metodo più complesso, ma al contempo più solido e completo, in grado di eseguire tale compito organicamente e automaticamente.

La sostenibilità dello sviluppo qui considerata origina dall'ipotesi della non sostituibilità tra i vari aspetti dello sviluppo, nel senso che solamente uno sviluppo che avvenga in armonia tra essi può considerarsi sostenibile nel tempo e quindi qualitativamente superiore. Il nostro tentativo è di misurare tale sostenibilità implicitamente, assegnandole un valore minore in corrispondenza di una maggiore distanza del punto-paese da un luogo di equilibrio ideale nello spazio delle variabili, e di incorporare tale misura nell'indice di sviluppo, penalizzando quest'ultimo in ragione della mancanza di sostenibilità. È cruciale a questo fine la scelta delle variabili, perciò abbiamo previsto nel metodo proposto la possibilità di pesi differenti per le variabili, mettendo così in grado il ricercatore di valutare esogenamente e soggettivamente la rilevanza delle singole variabili nella loro capacità di descrivere lo sviluppo.

Assegnamo dapprima, per ciascun  $k=1, \dots, K$ , un peso positivo  $p_k$  all'intero  $k$ -esimo gruppo di variabili, in modo da calibrare le influenze relative dei gruppi sull'indice globale: per semplicità abbiamo scelto  $p_1=p_2=p_3=1$  nel nostro esempio. Per ciascun  $k=1, \dots, K$  e ciascun  $i=1, \dots, N_k$  assegnamo altresì un peso positivo  $v_{i,k}$  alla variabile  $i$ -esima del gruppo  $k$ -esimo rispetto al gruppo stesso; un'attribuzione di pesi diversi nell'ambito di un gruppo può essere usata per riflettere l'importanza relativa di alcune variabili rispetto ad altre, oppure (come fatto qui) per riconoscere un certo grado di ridondanza di alcune variabili senza per questo eliminarle del tutto. Le nostre scelte di  $v_{i,k}$  sono elencate nella terza colonna della tabella A.1 nell'Appendice. Infine, il peso  $w_{i,k}$  di una variabile rispetto all'insieme di tutte le  $N$



variabili è dato da  $w_{i,k} = \frac{p_i v_{i,k}}{\sum_{i'=1}^{N_k} v_{i',k}}$ , cioè il prodotto dei due pesi di cui

sopra diviso per la somma dei pesi delle variabili nel medesimo gruppo. (È da notare che un'ulteriore divisione di ciascun  $w_{i,k}$  per una costante positiva, come la somma di tutti i  $v_{i',k}$ , non modificherebbe i risultati.) Nel seguito del paragrafo sopprimeremo per semplicità l'indicazione del gruppo e del relativo indice  $k$ , e per indicare una variabile o gli oggetti a essa associata useremo solamente l'indice  $i=1, \dots, N$ .

Il passo successivo consiste nel riscaldare ogni variabile, così come risulta dopo la sezione 2, a un intorno dell'intervallo reale  $[0,1]$ , in modo da avere una gamma di variabilità assoluta per il confronto delle variabili. A tal fine applichiamo la funzione affine  $f(t) = (t-m)/(M-m)$ , dove  $M$  e  $m$  sono i valori massimo e minimo, rispettivamente, della funzione a linea retta che meglio si adatta – come spiegato nel passo 3 della sezione 2 – alla funzione quantile della variabile. Prendere questi valori anziché quelli estremi della variabile stessa ha il vantaggio di mitigare l'effetto degli *outliers* sul riscaldamento, sebbene alcuni dei valori risultanti possano trovarsi al di fuori dell'intervallo  $[0,1]$ .

Tenendo presenti le considerazioni di cui sopra sullo sviluppo equilibrato e sostenibile, postuliamo allora che l'equilibrio ideale tra le  $N$  variabili corrisponde alla situazione in cui queste assumono tutte lo stesso valore; in altri termini, il luogo di equilibrio ideale è la retta diagonale che passa per i punti  $(0, \dots, 0)$  e  $(1, \dots, 1)$  nello spazio  $N$ -dimensionale di variabili reali  $\mathbb{R}^N$ .

Ciascuna variabile  $y_i$ , risultante dalla trasformazione descritta sinora (sezione 2 più riscaldamento), viene quindi diminuita (o “penalizzata”) di  $a_i e^{-b_i y_i}$  dove  $a_i$  e  $b_i$  sono numeri reali positivi che possono dipendere dalla variabile  $i$  in esame (sebbene nei nostri calcoli si sia scelto  $a_i = b_i = 1$  per ogni  $i=1, \dots, N$ ). Infine poniamo uguale il valore dell'indice per un certo paese alla media pesata su tutte le variabili di tali valori diminuiti, cioè a  $\frac{\sum_{i=1}^N w_i (y_i - a_i e^{-b_i y_i})}{\sum_{i=1}^N w_i}$ . La funzione  $f_i(t) = t - a_i e^{-b_i t}$  (ovvero quella che applichiamo all' $i$ -esima variabile  $y_i$ ) è definita e liscia su tutto l'asse reale, strettamente crescente, strettamente concava e asintotica a  $t$  per  $t \rightarrow \infty$ . Perciò la funzione di  $N$  variabili che restituisce l'indice sintetico proposto in termini delle variabili individuali trasformate è data dalla media ponderata  $F(t_1, \dots, t_N) = \frac{\sum_{i=1}^N w_i f_i(t_i)}{\sum_{i=1}^N w_i}$  ed è definita e liscia su tutto  $\mathbb{R}^N$ , strettamente crescen-

te in ciascuna variabile separatamente, strettamente concava e asintotica a  $\sum_{i=1}^N w_i t_i / \sum_{i=1}^N w_i$  per  $t_1, \dots, t_N$  grandi. In effetti a ciascuna di queste proprietà si può dare una giustificazione assiomatica:

– la funzione  $F$  dev'essere definita per ogni  $n$ -upla di variabili (non solo quelle con componenti tra 0 e 1), perché, a causa del riscaldamento prima descritto, non v'è un limite superiore o inferiore ai possibili valori degli *outliers*, sebbene la maggior parte dei valori trasformati giacciono in effetti nell'intervallo  $[0,1]$ ;

– la funzione  $F$  dev'essere strettamente crescente rispetto a ciascuna variabile separatamente, perché se il paese A ha un valore maggiore del paese B per una data variabile, ma A ha lo stesso valore di B per ognuna delle altre variabili, allora A ha un livello di sviluppo strettamente maggiore di B;

– la stretta concavità di  $F$  riflette la non sostituibilità delle variabili, penalizza progressivamente i loro squilibri e fornisce anche una penalizzazione più che proporzionale per valori bassi delle variabili;

– tanto maggiori sono i valori di tutte le variabili, quanto minore (in effetti asintoticamente infinitesimali) è la penalizzazione totale.

I valori dei parametri  $a_i$  e  $b_i$  nelle formule di cui sopra determinano la differenza di penalizzazione marginale per valori minori rispetto a quelli maggiori e possono essere calibrate di conseguenza. Notare che, oltre alla media pesata finale, tutte le manipolazioni di variabili di questo metodo hanno luogo individualmente – il che rende i calcoli significativamente più agevoli di elaborazioni congiunte, specialmente per numeri grandi di variabili – e ciononostante il metodo incorpora la non sostituibilità e la penalizzazione di squilibri. D'altra parte, la gamma di valori possibili di ciascuna variabile dopo la penalizzazione, così come quella dell'indice finale, non resta determinata *ex ante*. Come per il metodo delle componenti principali, i risultati sono elencati nella tabella A.2 dell'Appendice, con abbreviazioni simili a quelle usate per esso: C:E, C:N, C:S indicheranno gli indici relativi alle variabili economiche, ambientali e sociali rispettivamente, mentre C:G si riferirà a tutte le variabili globalmente e C-s:G includerà anche il raddrizzamento delle funzioni quantili.

Un insieme simile di assiomi è stato proposto da Chakravarty (2003) per un indice sintetico ottenuto da un insieme dato di variabili individuali. Tuttavia tale indice presenta alcuni difetti, quali la necessità che ogni variabile abbia una limitazione superiore e una inferiore (se questi devono essere il massimo e il minimo, allora la procedura dipende in modo eccessivo da questi due valori particolari, che sono spesso *outliers*) e la mancanza di assunzione di estendibilità e liscenza per la funzione indicatore al di fuori di  $[0,1]$  (il che fa perdere robustezza al metodo intorno ai valori estremi).

Qui di seguito illustreremo la procedura della media concava riferendoci allo sviluppo individuato da due sole variabili (ovvero  $N=2$ ), sì da rendere semplici le espressioni per esteso e possibile la rappresentazione grafica, senza tuttavia modificare il senso e gli aspetti più rilevanti dell'indice proposto. Come sopra indicato, l'espressione dell'indice risulta

$$\frac{w_1(y_1 - a_1 e^{-b_1 y_1}) + w_2(y_2 - a_2 e^{-b_2 y_2})}{w_1 + w_2},$$

dove  $y_1$  e  $y_2$  sono le variabili già trasformate,  $w_1$  e  $w_2$  i rispettivi pesi,  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $a_2$  e  $b_2$  i parametri delle penalizzazioni. Studieremo, nel piano cartesiano di coordinate  $y_1$  e  $y_2$ , le curve di isosviluppo, che risultano convesse e decrescenti a causa delle proprietà di  $F$ .

Il grafico 1 rappresenta la famiglia di curve di isosviluppo nel caso in cui le variabili siano  $y_1$  e  $y_2$ , la loro ponderazione sia uguale ( $w_1 = w_2 = 1$ ) e uguali siano i parametri della correzione ( $a_1 = a_2 = b_1 = b_2 = 1$ ). L'espressione dell'indice è quindi:

$$\frac{y_1 - e^{-y_1} + y_2 - e^{-y_2}}{2}.$$

Il grafico 2 riporta invece due curve di isosviluppo nelle quali vengono individuate le posizioni di due paesi A e B che hanno lo stesso valore medio delle due variabili, ma le variabili stesse sono uguali (quindi in equilibrio, a prescindere dai pesi) per A e sensibilmente diverse (quindi in squilibrio) per B. Il grafico 2 mostra le curve di isosviluppo passanti per A e B, nel caso in cui i pesi  $w_1$  e  $w_2$  delle due variabili siano uguali e i parametri della penalizzazione siano  $a_1 = a_2 = b_1 = b_2 = 1$ .

GRAFICO 1

## FAMIGLIA DI CURVE DI ISOSVILUPPO

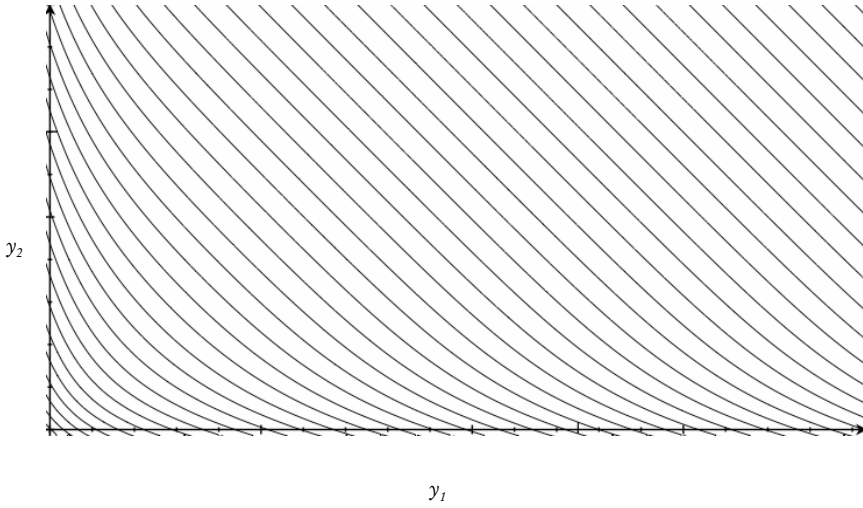
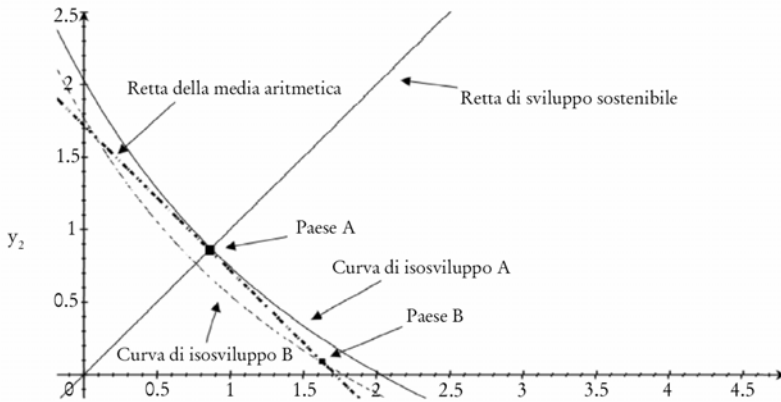


GRAFICO 2

## CORREZIONE A MEDIA UNITARIA

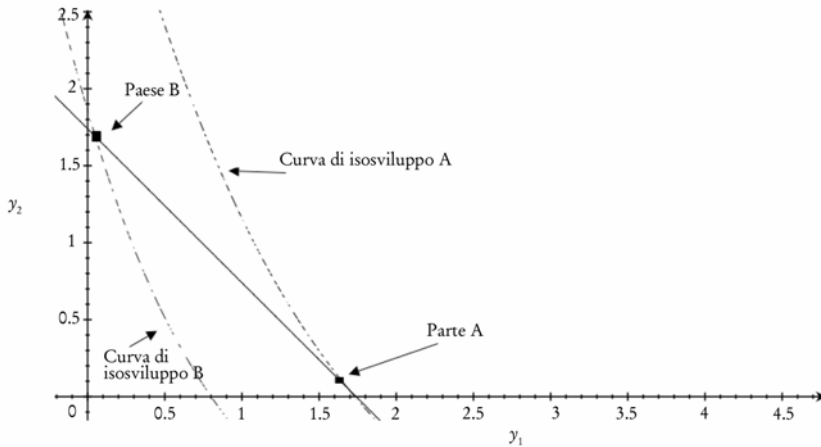


Il grafico 3 è analogo, ma con pesi  $w_1$  e  $w_2$  diversi. Il luogo di equilibrio ideale continua a essere la retta  $y_1 = y_2$ , ma le curve di isosviluppo non lo intersecano più perpendicolarmente, e risultano più schiacciate sull'asse delle  $y$ . Il significato di tale schiacciamento è che i

paesi vengono maggiormente penalizzati se il loro squilibrio è caratterizzato da valori elevati della variabile con minor peso. Nel caso di ponderazione non unitaria si può dunque vedere come la struttura dello squilibrio assuma importanza rilevante.

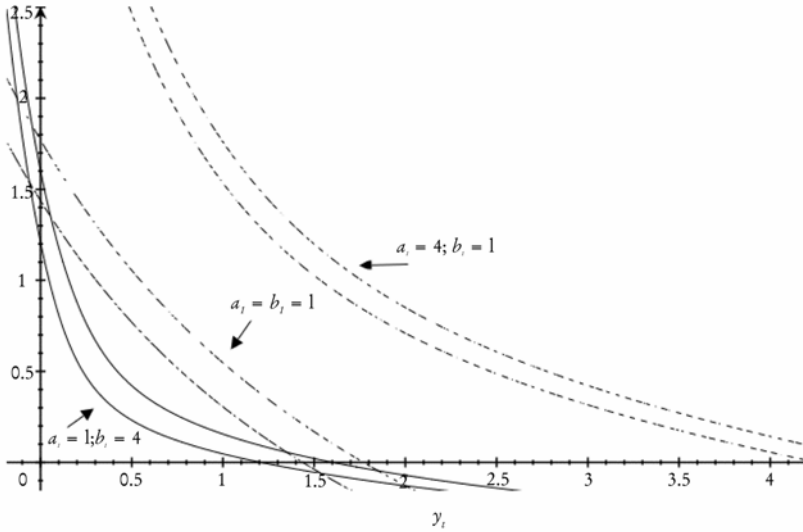
GRAFICO 3

## CORREZIONE A MEDIA NON UNITARIA



Il metodo di correzione proposto permette di modulare sia la ponderazione delle variabili tramite i parametri  $w_i$ , sia la struttura delle curve di isosviluppo attraverso i parametri  $a_i$  e  $b_i$ . Il valore di questi incide in modo rilevante sulla struttura delle curve di isosviluppo, e quindi sull'ampiezza e struttura delle penalizzazioni del livello di sviluppo dei paesi che presentano squilibri fra le variabili. Nel grafico 4 sono sovrapposte le curve di isosviluppo, per l'indice uguale a 0,5 e 0,2, risultanti da pesi uguali (cioè  $w_1 = w_2$ ) e da valori di  $a_1 = a_2$  e  $b_1 = b_2$  rispettivamente uguali a 1 e 1 nel primo caso, a 1 e 4 nel secondo e a 4 e 1 nel terzo. La loro struttura risulta molto differente: al crescere di  $b_i$  cresce la penalizzazione, ovvero la curvatura delle curve di isosviluppo, mentre al crescere di  $a_i$  aumenta lo scarto tra la penalizzazione dei paesi più sviluppati e quella dei paesi sottosviluppati (infatti al crescere dell'indice di sviluppo la curva si avvicina a una retta più velocemente).

CURVE A DIFFERENTI PARAMETRI



Esiste inoltre la possibilità di dare diversi valori di  $a_i$  e  $b_i$  al variare dell'indice  $i$ : in tal caso il valore della penalizzazione dipende non solo dal valore assoluto del grado di sviluppo ma anche dal tipo di squilibrio delle variabili. L'utilizzo di queste opzioni può essere utile per verificare come, a diverse ipotesi, si possano non solo ottenere risultati diversi, e quindi diverse graduatorie tra i paesi, ma anche informazioni sulle caratteristiche dello squilibrio dello sviluppo dei vari paesi.

#### 4. Risultati

Introducendo la sostenibilità possiamo calcolare più accuratamente indici di sviluppo ottenuti da un gruppo di variabili mediante le quali si miri a descrivere vari aspetti dello sviluppo. Una maniera di verificare i risultati di questa operazione è di confrontare le graduatorie che si ottengono da diverse misure del grado di sviluppo dei paesi. La tabella 1 (si veda la tabella A.3 per le abbreviazioni) mostra il confronto tra le

graduatorie ottenute (sulla base di dati relativi all'anno 1998) rispettivamente da: Pil pro capite; ISU; ciascuno dei quattro indici (P:E, P:N, P:S, P:G) ottenuti mediante il metodo delle componenti principali; ciascuno dei quattro indici (C:E, C:N, C:S, C:G) ottenuti col metodo della media concava; ciascuno dei due indici globali (P-s:G, C-s:G) ottenuti col raddrizzamento facoltativo della funzione quantile.

Si osserverà agevolmente che le graduatorie mostrano differenze considerevoli, il che conferma che la misura dello sviluppo dipende in modo significativo dalla definizione che ne viene data. Le tabelle 2 e 3 mostrano rispettivamente i valori di correlazione e cograduazione tra i vari indici di sviluppo qui considerati. Vale la pena notare che i valori più bassi si ottengono nelle relazioni tra reddito pro capite e ciascuno degli altri indici, offrendo così ulteriore evidenza dell'inadeguatezza del reddito pro capite quale indicatore sintetico del livello di sviluppo di un paese. Quanto alle altre relazioni, i livelli di correlazione e cograduazione, sebbene alti, mostrano la non coincidenza dei due metodi. La correlazione negativa tra gli aspetti socio-economici e ambientali era prevedibile e, sebbene non stravolga le graduatorie (correlazione e cograduazione degli indici socio-economici con quello globale – che dipende anche dalle variabili ambientali – sono molto alte), la sua introduzione strutturale nelle misure dello sviluppo fornisce risultati decisamente interessanti e dovrebbe mostrarsi utile.

## GRADUATORIE

Paesi	IPil	ISU	P:E	P:N	P:S	P:G	P-s:G	C:E	C:N	C:S	C:G	C-s:G
Stati Uniti	1	3	11	111	110	9	120	5	114	13	15	19
Norvegia	2	2	16	92	120	13	118	10	87	10	6	7
Svizzera	3	13	3	49	116	20	100	2	62	16	1	1
Islanda	4	5	6	89	114	12	110	4	96	1	3	3
Danimarca	5	15	14	99	122	11	116	14	125	6	21	20
Canada	6	1	9	109	124	4	123	7	111	2	7	5
Giappone	7	9	1	78	115	1	124	1	79	12	2	2
Belgio	8	7	7	116	109	3	113	20	126	21	56	49
Austria	9	16	12	70	113	19	108	8	76	20	5	6
Australia	10	4	15	114	118	6	119	9	124	8	19	11
Paesi Bassi	11	8	5	107	123	2	122	13	120	7	18	18
Germania	12	14	2	100	111	5	121	3	116	15	12	13
Irlanda	13	17	22	88	93	27	102	19	104	34	26	25
Francia	14	12	21	73	119	23	101	24	102	14	22	26
Finlandia	15	11	24	83	126	14	112	22	82	4	8	8
Svezia	16	6	13	67	125	18	105	16	81	3	4	4
Italia	17	18	18	76	107	21	107	18	84	28	14	17
Regno Unito	18	10	8	105	121	7	117	6	122	9	16	14
Israele	19	20	19	113	92	17	109	21	119	33	35	35
Spagna	20	19	10	82	112	15	114	12	105	17	13	16
Portogallo	21	22	17	71	98	29	98	17	73	31	9	9
Slovenia	22	23	25	80	106	24	104	25	75	18	10	10
Grecia	23	21	30	87	101	28	103	28	91	37	27	30
Corea del Sud	24	25	4	110	97	10	125	11	108	38	25	24
Ceca, Rep.	25	26	20	120	117	8	126	26	121	11	28	34
Argentina	26	27	31	79	81	44	83	38	100	51	69	56
Barbados	27	24	53	56	91	50	77	52	65	5	11	12
Ungheria	28	31	45	93	105	32	96	51	109	32	62	70
Arabia Saudita	29	53	28	122	64	35	89	15	101	77	60	55
Slovacchia	30	30	33	96	108	25	106	33	89	19	24	22
Cile	31	28	27	90	87	33	94	27	92	43	33	33
Uruguay	32	29	37	61	85	48	78	39	97	49	63	59
Sud Africa	33	73	55	94	59	54	72	58	78	60	76	77
Mauritius	34	50	39	38	79	60	65	42	67	54	38	36
Malaysia	35	42	26	98	76	38	87	31	83	56	44	54
Messico	36	38	54	84	66	55	75	49	86	63	78	75
Estonia	37	33	32	124	103	16	115	36	113	24	51	42
Polonia	38	32	41	121	100	22	111	35	118	25	57	57
Trinidad e Tobago	39	36	36	126	84	26	99	29	110	39	45	51
Croazia	40	35	44	86	96	39	92	41	93	36	41	53
Brasile	41	52	35	60	77	52	74	37	80	52	53	52
Russia	42	43	50	118	94	30	97	46	107	42	72	62
Lituania	43	37	43	97	99	34	95	59	112	26	65	58
Turchia	44	62	34	85	63	49	82	43	98	74	88	98
Gabon	45	88	60	42	37	82	49	34	33	99	47	66



TABELLA 1 (segue)

Paesi	IPil	ISU	P:E	P:N	P:S	P:G	P-s:G	C:E	C:N	C:S	C:G	C-s:G
Botswana	46	87	73	37	38	86	41	44	26	91	30	27
Colombia	47	47	40	64	70	57	70	55	59	57	52	61
Costa Rica	48	34	59	44	80	64	61	66	54	44	39	31
Venezuela	49	46	42	123	65	43	85	50	106	66	92	96
Lettonia	50	44	49	81	102	37	91	60	88	22	40	45
Romania	51	45	70	103	88	45	81	81	95	46	90	95
Tailandia	52	54	29	66	74	46	79	32	56	47	23	23
Tunisia	53	71	52	63	68	61	67	47	69	50	46	47
Panama	54	40	58	72	75	58	69	64	58	48	50	40
Iran	55	68	63	104	61	56	73	79	85	65	104	91
Bulgaria	56	41	66	119	95	36	90	102	117	40	113	116
Algeria	57	76	78	77	48	72	55	71	50	80	77	71
Dominicana, Rep.	58	63	38	68	52	62	66	30	72	78	58	48
Belize	59	39	65	47	67	69	57	62	48	61	54	39
Kazakistan	60	51	81	112	83	51	76	88	94	45	94	82
Libano	61	59	46	117	82	40	88	54	115	55	96	100
Paraguay	62	58	74	35	46	83	42	69	40	84	67	60
Perù	63	57	48	43	60	66	62	45	49	71	49	44
Macedonia	64	48	57	115	86	42	86	56	103	35	66	67
Salvador	65	74	64	39	58	75	51	67	53	69	68	69
Swaziland	66	80	76	21	40	91	32	61	22	92	36	32
Filippine	67	55	51	52	54	67	60	53	57	59	55	50
Guatemala	68	86	84	36	41	87	39	82	45	101	108	106
Guyana	69	67	62	41	55	76	50	57	41	67	42	37
Giamaica	70	60	56	106	78	47	80	48	77	30	29	28
Georgia	71	49	80	58	90	63	64	93	55	27	43	41
Giordania	72	65	72	95	62	59	68	76	71	79	97	83
Marocco	73	89	69	55	53	73	52	68	63	73	75	72
Capo Verde	74	75	67	7	42	96	37	65	6	87	17	21
Ucraina	75	56	75	125	104	31	93	75	123	29	99	84
Cina	76	70	23	91	73	41	84	23	74	41	20	15
Egitto	77	85	68	75	47	70	58	73	52	85	87	90
Ecuador	78	64	61	74	57	65	63	70	66	72	80	76
Sri Lanka	79	61	82	30	72	81	47	74	32	58	32	38
Siria	80	79	83	101	45	71	59	97	90	98	126	125
Albania	81	66	102	31	71	89	40	87	31	62	48	43
Zimbabwe	82	93	91	65	34	88	38	91	51	90	106	110
Indonesia	83	78	47	48	50	68	56	40	44	70	34	29
Honduras	84	81	77	46	43	78	48	86	61	82	103	102
Papua Nuova Guinea	85	94	100	26	31	99	28	89	10	88	31	63

TABELLA 1 (segue)

Paesi	IPil	ISU	P:E	P:N	P:S	P:G	P-s:G	C:E	C:N	C:S	C:G	C-s:G
Kirghizistan	86	69	112	54	69	84	44	120	42	53	98	93
Bolivia	87	82	71	57	51	77	53	72	38	75	59	68
Nicaragua	88	83	86	45	44	80	43	84	64	76	91	97
India	89	91	79	69	39	79	45	80	70	81	100	103
Moldova	90	72	87	102	89	53	71	103	99	23	86	88
Angola	91	115	93	24	12	102	24	78	13	118	74	85
Guinea	92	117	111	8	10	117	9	95	8	111	61	65
Ghana	93	92	109	25	36	100	26	111	25	83	81	80
Laos	94	99	101	6	30	112	14	92	9	114	64	64
Pakistan	95	96	90	51	33	90	36	106	60	100	125	126
Vietnam	96	77	94	40	56	85	46	105	43	68	89	92
Lesotho	97	90	88	16	28	101	25	63	20	94	37	46
Costa d'Avorio	98	110	97	50	23	95	30	98	47	103	116	121
Mauritania	99	104	92	53	16	92	35	83	29	116	105	112
Mongolia	100	84	96	108	49	74	54	115	68	64	115	115
Camerun	101	95	106	22	24	108	18	99	28	107	102	107
Gambia	102	116	107	19	32	106	22	112	21	93	85	81
Haiti	103	106	113	23	15	110	16	110	24	113	112	111
Togo	104	102	108	27	21	105	21	104	37	115	120	123
Bangladesh	105	103	95	29	35	98	31	77	39	86	79	74
Senegal	106	111	89	34	27	97	29	85	35	106	101	108
Cambogia	107	97	119	4	29	121	8	108	7	102	70	79
Nepal	108	101	98	12	13	111	19	100	18	96	71	73
Uganda	109	114	117	2	8	122	4	116	2	112	73	101
Kenya	110	98	110	32	17	103	23	114	27	89	95	94
Burkina Faso	111	125	105	14	3	116	13	94	19	120	93	87
Benin	112	113	118	28	25	109	17	117	34	105	123	118
Chad	113	120	122	1	2	126	1	119	4	126	111	113
Congo, Rep. Dem.	114	108	85	15	19	104	27	90	16	117	83	86
Nigeria	115	107	99	59	22	93	33	101	46	110	122	124
Mozambico	116	121	104	10	7	115	12	96	12	119	82	78
Madagascar	117	100	123	11	18	118	6	124	11	109	110	104
Niger	118	126	125	9	1	124	2	125	5	123	119	122
Yemen	119	105	103	62	26	94	34	107	30	108	114	109
Zambia	120	109	114	33	14	107	20	118	36	97	118	120
Ruanda	121	119	120	5	4	123	5	113	1	124	84	89
Guinea-Bissau	122	122	116	20	9	113	15	109	15	125	117	119
Etiopia	123	124	115	13	5	119	10	121	14	121	121	114
Burundi	124	123	124	3	6	125	3	123	3	122	107	105
Malawi	125	118	126	17	11	120	7	126	23	95	124	117
Tanzania	126	112	121	18	20	114	11	122	17	104	109	99

TABELLA 2

## INDICI DI CORRELAZIONE (Pearson)

	IPil	ISU	P:E	P:N	P:S	P:G	P-s:G	C:E	C:N	C:S	C:G	C-s:G
IPil	1,00											
ISU	0,94	1,00										
P:E	0,94	0,91	1,00									
P:N	-0,71	-0,77	-0,74	1,00								
P:S	-0,91	-0,96	-0,88	0,80	1,00							
P:G	0,91	0,95	0,94	-0,91	-0,96	1,00						
P-s:G	-0,92	-0,94	-0,94	0,89	0,96	-1,00	1,00					
C:E	0,93	0,85	0,97	-0,64	-0,80	0,86	-0,86	1,00				
C:N	-0,79	-0,84	-0,81	0,95	0,87	-0,94	0,93	-0,70	1,00			
C:S	0,88	0,94	0,85	-0,77	-0,97	0,93	-0,93	0,78	-0,84	1,00		
C:G	0,80	0,74	0,80	-0,32	-0,70	0,65	-0,66	0,86	-0,38	0,75	1,00	
C-s:G	0,80	0,77	0,80	-0,36	-0,73	0,68	-0,68	0,85	-0,42	0,77	0,98	1,00

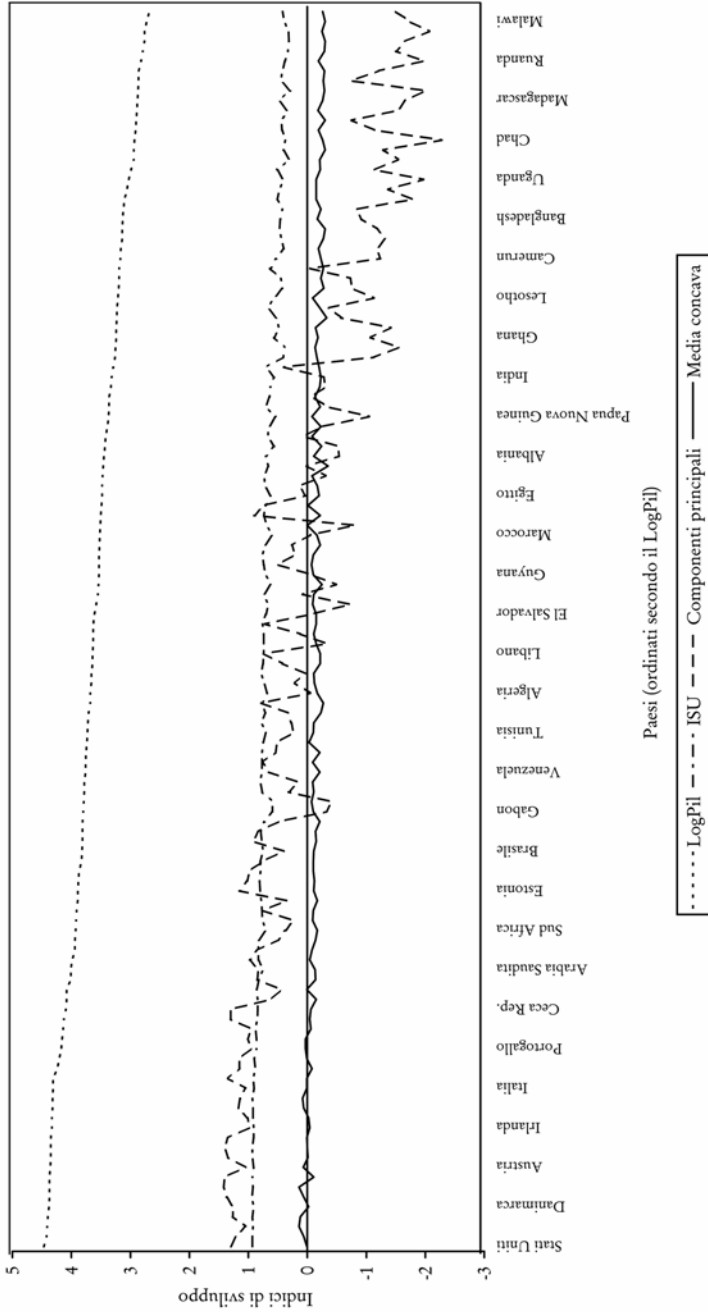
TABELLA 3

## COGRADUAZIONE (Spearman)

	IPil	ISU	P:E	P:N	P:S	P:G	P-s:G	C:E	C:N	C:S	C:G	C-s:G
IPil	1,00											
ISU	0,95	1,00										
P:E	0,94	0,92	1,00									
P:N	-0,70	-0,73	-0,72	1,00								
P:S	-0,91	-0,96	-0,88	0,77	1,00							
P:G	0,93	0,95	0,94	-0,86	-0,96	1,00						
P-s:G	-0,92	-0,95	-0,94	0,87	0,96	-1,00	1,00					
C:E	0,93	0,87	0,97	-0,63	-0,82	0,88	-0,88	1,00				
C:N	-0,80	-0,83	-0,81	0,94	0,86	-0,92	0,92	-0,72	1,00			
C:S	0,87	0,94	0,85	-0,75	-0,98	0,93	-0,93	0,79	-0,83	1,00		
C:G	0,78	0,76	0,79	-0,31	-0,72	0,68	-0,68	0,85	-0,41	0,74	1,00	
C-s:G	0,79	0,79	0,80	-0,35	-0,75	0,71	-0,71	0,85	-0,44	0,77	0,98	1,00

GRAFICO 5

INDICI GLOBALI DI SVILUPPO



Una visione più immediata delle differenze tra le misure si può ottenere mediante una rappresentazione grafica degli indici di sviluppo. Il grafico 5 mette a confronto i quattro indicatori sintetici (globali): il logaritmo del Pil pro capite, l'ISU, l'indice ottenuto per componenti principali e quello con la media concava. Due aspetti sono messi in evidenza dalla rappresentazione grafica: in primo luogo troviamo conferma dei numerosi cambiamenti di graduatoria e di significative variazioni dei valori relativi degli indici ottenuti con i vari metodi di misura; in secondo luogo, i valori per l'ISU e per il nuovo metodo hanno campi di variabilità simili (dato che entrambi sono ottenuti essenzialmente facendo la media di variabili ugualmente normalizzate), e lo stesso vale per gli altri due indici (basati principalmente su logaritmi di variabili illimitate). Un altro fenomeno interessante è che l'introduzione delle variabili ambientali, correlate negativamente con quelle economiche e sociali nei due indici qui proposti, comporta notevoli cambiamenti nelle graduatorie rispetto al Pil o all'ISU tra paesi fortemente sviluppati, sebbene non modifichi significativamente il divario tra questi e i paesi sottosviluppati.

## 5. Conclusioni

Obiettivo di questo lavoro è stato di proporre un indicatore di sviluppo che potesse tener conto strutturalmente dell'equilibrio nei diversi aspetti dello sviluppo e con ciò pesare negativamente ogni squilibrio. Qui l'equilibrio viene preso come *proxy* del concetto di sviluppo sociale sostenibile nel tempo, cioè uno sviluppo che possa minimizzare gli squilibri interni fra i suoi vari aspetti. Si propone un metodo di calcolo (media concava) di un indicatore di sviluppo che penalizza il livello di sviluppo dei paesi più lontani dalla retta di sviluppo ideale che mostra l'equilibrio tra i vari aspetti. Il metodo è facile da utilizzare anche se il numero di variabili è grande.

In applicazione del metodo, si sono individuati tre gruppi di variabili con riferimento agli aspetti economici, ambientali e sociali dello sviluppo di un paese. La scelta è stata influenzata dalla disponibilità di dati, perciò il metodo non è necessariamente in grado di descrivere con precisione i vari aspetti dello sviluppo; tuttavia il nostro obiettivo qui

era di confrontare i risultati con quelli ottenuti mediante altri indicatori e metodi.

Infine abbiamo confrontato i risultati del metodo della media concava con i risultati forniti dai metodi standard (logaritmo del reddito pro capite e Indice di Sviluppo Umano) e quelli ottenuti mediante il metodo delle componenti principali. Da questo confronto emerge chiaramente che i diversi indicatori di sviluppo (ciascuno dei quali assume i propri valori nel suo intervallo naturale) forniscono significativi cambiamenti nelle graduatorie dei paesi.

## APPENDICE A

TABELLA A.1

VARIABILI, PESI E SEGNI  
(E-xx: economiche; N-xx: ambientali S-xx: sociali)

Sigla	Descrizione	Peso all'interno del gruppo	Segno
E-01	Pil pro capite (PPA)	1	+
E-02	Formazione di capitale lordo (% del Pil)	1	+
E-03	Industria, valore aggiunto (% del Pil)	1	+
E-04	Credito al settore privato (% del Pil)	1	+
E-05	Importazioni di beni e servizi (% del Pil)	1	-
E-06	Servizio del debito (% delle esportazioni di beni e servizi)	1	-
E-07	Tasso di attività maschile (% della popolazione maschile tra 15-64 anni)	1	+
E-08	Popolazione rurale (% popolazione)	1	-
E-09	Traffico in uscita delle telecomunicazione internazionali (minuti per abbonato)	1	+
E-10	Linee telefoniche per occupato	1	+
N-01	Emissione di CO <sub>2</sub> , industria (tonnellate metriche pro capite)	1/3	-
N-02	Emissione di CO <sub>2</sub> , industria (kg per \$ 1995 del Pil)	1/3	-
N-03	Emissione di CO <sub>2</sub> , industria (kg per PPA \$ 1995 del Pil)	1/3	-
N-04	Consumo di fertilizzante (100 grammi per ettaro di terra arabile)	1	-
N-05	Utilizzo della terra, terra arabile (% terra arabile)	1/2	-
N-06	Utilizzo della terra, terra arabile (ettari per persona)	1/2	-
N-07	Popolazione urbana (% del totale)	1	-
S-01	Consumo pubblico (% del Pil)	1	+
S-02	Tasso di fecondità (nati per donna)	1/2	-
S-03	Tasso di natalità (per 1.000 persone)	1/2	-
S-04	Aspettativa di vita alla nascita, totale (anni)	1/2	+
S-05	Tasso di mortalità infantile (per 1.000 nati vivi)	1/2	-
S-06	Tasso di mortalità, sotto i 5 anni (per 1.000 nati vivi)	1/2	-

TABELLA A.1 (segue)

Sigla	Descrizione	Peso all'interno del gruppo	Segno
S-07	Vaccinazione trivalente (% bambini sotto i 12 mesi)	1/2	+
S-08	Vaccinazione rosolia (% dei bambini sotto i 12 mesi)	1	+
S-09	Lavoro minorile 10-14 (% della classe di età)	1/2	-
S-10	Forza lavoro femminile (% forza lavoro)	1/2	+
S-11	Tasso di attività femminile (% delle donne tra 15-64 anni)	1	+
S-12	Differenziale nella speranza di vita (assoluta di genere)	1	-
S-13	Popolazione sopra i 65 anni (% del totale)	1/2	+
S-14	Tasso di mortalità (per 1.000 individui)	1	-
S-15	Militari (% della forza lavoro)	1	-
S-16	Televisioni (per 1.000 individui)	1/2	+
S-17	Radio (per 1.000 individui)	1/2	+
S-18	Linee telefoniche (per 1.000 individui)	1/2	+
S-19	Cellulari (per 1.000 individui)	1/2	+
S-20	Tasso di alfabetismo degli adulti	1/2	+
S-21	Tasso di scolarità primaria e secondaria	1/2	+
S-22	Tasso di dipendenza (dipendenti su lavoratori)	1/2	-

TABELLA A.2

## INDICI

Paesi	IPil	ISU	P:E	P:N	P:S	P:G	P-s:G	C:E	C:N	C:S	C:G	C-s:G
Albania	3,45	0,71	-1,01	0,74	-0,21	-0,54	0,60	-0,28	0,09	-0,12	-0,11	-0,09
Algeria	3,68	0,68	-0,31	-0,44	0,26	-0,05	0,06	-0,18	-0,11	-0,22	-0,17	-0,15
Angola	3,26	0,41	-0,77	1,01	1,39	-1,13	1,20	-0,24	0,32	-0,56	-0,16	-0,19
Argentina	4,08	0,84	0,80	-0,45	-0,46	0,61	-0,59	0,00	-0,40	-0,05	-0,15	-0,12
Australia	4,35	0,93	1,35	-1,09	-1,32	1,34	-1,35	0,27	-0,58	0,28	-0,01	0,02
Austria	4,36	0,91	1,38	-0,28	-1,26	1,05	-1,10	0,27	-0,26	0,20	0,07	0,06
Bangladesh	3,13	0,46	-0,82	0,86	0,89	-0,92	0,88	-0,24	-0,01	-0,27	-0,17	-0,16
Barbados	4,08	0,86	0,28	-0,08	-0,87	0,44	-0,42	-0,08	-0,18	0,29	0,01	0,01
Belgio	4,37	0,93	1,51	-1,18	-1,21	1,40	-1,22	0,19	-0,72	0,18	-0,11	-0,10
Belize	3,66	0,78	0,00	0,04	-0,16	0,04	0,03	-0,13	-0,09	-0,12	-0,11	-0,08
Benin	2,94	0,41	-1,53	0,86	1,20	-1,29	1,37	-0,51	0,05	-0,45	-0,30	-0,26
Bolivia	3,36	0,64	-0,09	-0,10	0,23	-0,08	0,12	-0,19	0,00	-0,19	-0,13	-0,15
Botswana	3,79	0,59	-0,11	0,31	0,70	-0,41	0,52	-0,04	0,12	-0,30	-0,07	-0,07
Brasile	3,82	0,75	0,67	-0,15	-0,30	0,40	-0,39	0,00	-0,28	-0,05	-0,11	-0,11
Bulgaria	3,68	0,77	-0,01	-1,25	-0,96	0,78	-0,82	-0,35	-0,50	0,06	-0,27	-0,26
Burkina Faso	2,94	0,30	-1,13	1,54	1,65	-1,54	1,53	-0,31	0,25	-0,58	-0,21	-0,20
Burundi	2,76	0,32	-1,82	2,40	1,59	-2,07	1,80	-0,62	0,52	-0,64	-0,25	-0,24
Cambogia	3,10	0,51	-1,57	2,40	1,09	-1,79	1,61	-0,43	0,42	-0,44	-0,15	-0,18
Camerun	3,17	0,53	-1,13	1,14	1,21	-1,24	1,36	-0,33	0,11	-0,47	-0,23	-0,24
Canada	4,37	0,94	1,43	-0,94	-1,44	1,37	-1,42	0,28	-0,46	0,35	0,06	0,07

TABELLA A.2 (segue)

Paesi	IPil	ISU	P:E	P:N	P:S	P:G	P-s:G	C:E	C:N	C:S	C:G	C-s:G
Capo Verde	3,51	0,69	-0,02	1,72	0,53	-0,80	0,69	-0,14	0,42	-0,27	0,00	-0,04
Chad	2,93	0,37	-1,77	2,90	1,75	-2,28	1,91	-0,54	0,51	-0,75	-0,26	-0,25
Cile	3,94	0,83	0,99	-0,70	-0,68	0,85	-0,94	0,11	-0,35	0,01	-0,08	-0,07
Cina	3,49	0,71	1,08	-0,73	-0,27	0,74	-0,65	0,16	-0,24	0,05	-0,01	0,00
Colombia	3,78	0,76	0,51	-0,19	-0,19	0,32	-0,32	-0,10	-0,16	-0,07	-0,11	-0,12
Congo, Rep. Dem.	2,91	0,43	-0,48	1,48	1,25	-1,14	1,07	-0,30	0,29	-0,56	-0,19	-0,20
Costa Rica	3,78	0,80	0,12	0,11	-0,44	0,16	-0,07	-0,14	-0,14	0,00	-0,09	-0,07
Costa d'Avorio	3,20	0,42	-0,89	-0,02	1,21	-0,76	0,91	-0,33	-0,07	-0,44	-0,28	-0,29
Croazia	3,83	0,80	0,43	-0,67	-0,99	0,75	-0,85	-0,02	-0,35	0,08	-0,10	-0,11
Ceca Rep.	4,09	0,84	1,13	-1,26	-1,27	1,30	-1,46	0,12	-0,52	0,23	-0,06	-0,08
Danimarca	4,38	0,91	1,35	-0,82	-1,35	1,26	-1,26	0,24	-0,59	0,29	-0,02	-0,04
Dominicana, Rep.	3,66	0,73	0,55	-0,24	0,18	0,21	-0,22	0,08	-0,22	-0,21	-0,12	-0,10
Ecuador	3,48	0,72	0,07	-0,36	0,06	0,13	-0,12	-0,16	-0,18	-0,18	-0,17	-0,17
Egitto	3,48	0,62	-0,04	-0,41	0,26	0,03	0,02	-0,21	-0,13	-0,26	-0,20	-0,20
El Salvador	3,61	0,70	0,00	0,19	0,01	-0,07	0,15	-0,14	-0,13	-0,16	-0,15	-0,15
Estonia	3,89	0,80	0,72	-1,35	-1,16	1,15	-1,24	0,01	-0,49	0,16	-0,11	-0,08
Etiopia	2,76	0,31	-1,43	1,58	1,64	-1,66	1,58	-0,58	0,30	-0,63	-0,30	-0,26
Finlandia	4,32	0,92	1,07	-0,57	-1,62	1,17	-1,20	0,16	-0,31	0,32	0,06	0,04
Francia	4,33	0,92	1,12	-0,36	-1,33	1,01	-1,01	0,14	-0,41	0,21	-0,02	-0,06
Gabon	3,80	0,59	0,09	0,13	0,83	-0,32	0,26	0,04	0,06	-0,41	-0,10	-0,14
Gambia	3,16	0,40	-1,13	1,23	0,96	-1,18	1,22	-0,45	0,21	-0,35	-0,19	-0,18
Georgia	3,53	0,76	-0,38	-0,10	-0,85	0,21	-0,16	-0,30	-0,14	0,14	-0,10	-0,08
Germania	4,35	0,91	1,70	-0,83	-1,24	1,35	-1,39	0,33	-0,50	0,21	0,01	0,00
Ghana	3,24	0,56	-1,16	0,99	0,85	-1,07	1,18	-0,44	0,15	-0,25	-0,18	-0,18
Grecia	4,14	0,88	0,87	-0,67	-1,12	0,95	-1,02	0,11	-0,35	0,07	-0,06	-0,07
Guatemala	3,54	0,62	-0,47	0,35	0,55	-0,49	0,62	-0,25	-0,07	-0,44	-0,25	-0,24
Guinea	3,25	0,39	-1,17	1,70	1,48	-1,55	1,58	-0,32	0,41	-0,49	-0,13	-0,14
Guinea-Bissau	2,79	0,33	-1,46	1,19	1,54	-1,50	1,42	-0,44	0,30	-0,72	-0,29	-0,27
Guyana	3,53	0,71	0,04	0,14	0,10	-0,07	0,19	-0,10	-0,04	-0,16	-0,10	-0,08
Haiti	3,14	0,44	-1,29	1,08	1,34	-1,32	1,37	-0,44	0,16	-0,51	-0,27	-0,24
Honduras	3,39	0,65	-0,30	0,05	0,36	-0,25	0,35	-0,28	-0,16	-0,25	-0,23	-0,23
Ungheria	4,01	0,82	0,43	-0,76	-1,18	0,85	-0,96	-0,07	-0,44	0,11	-0,14	-0,15
Islanda	4,40	0,93	1,58	-0,67	-1,26	1,26	-1,14	0,31	-0,38	0,42	0,12	0,10
India	3,32	0,56	-0,36	-0,24	0,64	-0,28	0,38	-0,25	-0,21	-0,22	-0,23	-0,23
Indonesia	3,42	0,67	0,41	0,02	0,23	0,06	0,03	-0,01	-0,06	-0,17	-0,08	-0,07
Iran	3,71	0,71	0,01	-0,89	-0,06	0,33	-0,37	-0,24	-0,32	-0,14	-0,23	-0,20
Irlanda	4,33	0,91	1,10	-0,67	-0,96	0,98	-1,02	0,19	-0,42	0,10	-0,04	-0,06
Israele	4,24	0,88	1,21	-1,07	-0,93	1,15	-1,13	0,16	-0,52	0,10	-0,08	-0,08
Italia	4,31	0,90	1,28	-0,42	-1,21	1,05	-1,09	0,20	-0,31	0,13	0,01	-0,01



TABELLA A.2 (segue)

Paesi	IPil	ISU	P:E	P:N	P:S	P:G	P-s:G	C:E	C:N	C:S	C:G	C-s:G
Giamaica	3,53	0,74	0,22	-0,89	-0,31	0,50	-0,50	-0,06	-0,27	0,12	-0,07	-0,07
Giappone	4,37	0,92	2,24	-0,45	-1,27	1,42	-1,42	0,45	-0,27	0,23	0,14	0,10
Giordania	3,52	0,72	-0,10	-0,79	-0,07	0,26	-0,27	-0,23	-0,22	-0,21	-0,22	-0,18
Kazakistan	3,64	0,75	-0,39	-1,05	-0,55	0,42	-0,42	-0,28	-0,35	-0,01	-0,22	-0,18
Kenya	2,99	0,51	-1,16	0,72	1,30	-1,14	1,21	-0,48	0,11	-0,29	-0,22	-0,21
Corea del Sud	4,13	0,85	1,63	-1,00	-1,00	1,30	-1,44	0,25	-0,43	0,07	-0,04	-0,06
Kyrgyzistan	3,36	0,71	-1,20	-0,07	-0,17	-0,34	0,41	-0,57	-0,04	-0,06	-0,22	-0,20
Laos	3,24	0,48	-0,96	1,99	1,07	-1,42	1,42	-0,30	0,40	-0,52	-0,14	-0,14
Lettonia	3,76	0,77	0,39	-0,57	-1,15	0,76	-0,83	-0,11	-0,34	0,17	-0,09	-0,09
Libano	3,64	0,74	0,43	-1,20	-0,47	0,74	-0,78	-0,10	-0,50	-0,07	-0,22	-0,22
Lesotho	3,21	0,57	-0,58	1,46	1,13	-1,13	1,19	-0,13	0,24	-0,36	-0,09	-0,09
Lituania	3,81	0,79	0,44	-0,81	-1,07	0,83	-0,95	-0,11	-0,47	0,15	-0,14	-0,12
Macedonia	3,63	0,76	0,22	-1,14	-0,68	0,72	-0,75	-0,10	-0,42	0,08	-0,15	-0,14
Madagascar	2,88	0,48	-1,79	1,60	1,27	-1,66	1,69	-0,63	0,35	-0,49	-0,26	-0,23
Malawi	2,72	0,39	-2,16	1,28	1,42	-1,74	1,63	-0,71	0,17	-0,37	-0,30	-0,26
Malaysia	3,91	0,77	1,02	-0,82	-0,29	0,76	-0,77	0,08	-0,31	-0,07	-0,10	-0,11
Mauritania	3,19	0,45	-0,75	-0,06	1,31	-0,73	0,76	-0,26	0,10	-0,54	-0,23	-0,25
Mauritius	3,92	0,76	0,54	0,25	-0,34	0,24	-0,22	-0,03	-0,18	-0,06	-0,09	-0,08
Messico	3,89	0,78	0,27	-0,62	-0,11	0,35	-0,41	-0,06	-0,32	-0,13	-0,17	-0,17
Moldova	3,29	0,70	-0,54	-0,83	-0,83	0,40	-0,32	-0,37	-0,40	0,17	-0,20	-0,20
Mongolia	3,19	0,63	-0,82	-0,94	0,24	-0,05	0,10	-0,50	-0,19	-0,13	-0,27	-0,26
Marocco	3,52	0,59	-0,05	-0,07	0,16	-0,05	0,12	-0,14	-0,17	-0,18	-0,16	-0,16
Mozambico	2,89	0,34	-1,09	1,61	1,58	-1,53	1,54	-0,32	0,35	-0,58	-0,18	-0,18
Nepal	3,06	0,47	-0,90	1,59	1,36	-1,37	1,29	-0,34	0,26	-0,38	-0,15	-0,16
Paesi Bassi	4,35	0,93	1,60	-0,93	-1,39	1,40	-1,39	0,24	-0,52	0,28	0,00	-0,01
Nicaragua	3,33	0,63	-0,49	0,05	0,31	-0,31	0,42	-0,27	-0,17	-0,20	-0,21	-0,22
Niger	2,87	0,29	-2,09	1,70	1,85	-2,01	1,85	-0,63	0,44	-0,67	-0,29	-0,30
Nigeria	2,90	0,44	-0,93	-0,11	1,23	-0,75	0,79	-0,35	-0,07	-0,49	-0,30	-0,30
Norvegia	4,42	0,93	1,31	-0,74	-1,33	1,21	-1,29	0,26	-0,32	0,25	0,06	0,06
Pakistan	3,23	0,52	-0,68	-0,05	0,94	-0,57	0,73	-0,41	-0,16	-0,42	-0,33	-0,35
Panama	3,72	0,78	0,15	-0,32	-0,29	0,27	-0,29	-0,13	-0,16	-0,03	-0,11	-0,08
Papua Nuova Guinea	3,37	0,54	-0,94	0,94	1,06	-1,05	1,07	-0,29	0,36	-0,29	-0,08	-0,13
Paraguay	3,63	0,74	-0,14	0,52	0,27	-0,33	0,44	-0,15	-0,03	-0,26	-0,15	-0,12
Perù	3,63	0,74	0,40	0,11	-0,05	0,12	-0,09	-0,06	-0,09	-0,17	-0,11	-0,09
Filippine	3,55	0,74	0,31	-0,05	0,13	0,08	-0,07	-0,09	-0,16	-0,09	-0,11	-0,10
Polonia	3,88	0,81	0,51	-1,26	-1,10	1,02	-1,16	0,01	-0,52	0,15	-0,12	-0,12
Portogallo	4,17	0,86	1,31	-0,29	-1,04	0,95	-1,00	0,21	-0,24	0,12	0,03	0,03
Romania	3,75	0,77	-0,06	-0,84	-0,75	0,54	-0,54	-0,25	-0,36	-0,02	-0,21	-0,21
Russia	3,81	0,77	0,39	-1,24	-0,96	0,92	-0,96	-0,06	-0,42	0,02	-0,15	-0,13
Ruanda	2,82	0,38	-1,58	2,34	1,64	-1,98	1,74	-0,47	0,57	-0,68	-0,19	-0,20

TABELLA A.2 (segue)

Paesi	IPil	ISU	P:E	P:N	P:S	P:G	P-s:G	C:E	C:N	C:S	C:G	C-s:G
Arabia Saudita	4,01	0,75	0,97	-1,32	-0,07	0,83	-0,78	0,22	-0,40	-0,20	-0,13	-0,11
Senegal	3,12	0,42	-0,66	0,55	1,14	-0,84	1,02	-0,27	0,05	-0,46	-0,23	-0,24
Slovacchia	3,99	0,83	0,71	-0,80	-1,21	0,98	-1,07	0,04	-0,34	0,20	-0,04	-0,04
Slovenia	4,16	0,86	1,03	-0,56	-1,21	1,01	-1,03	0,13	-0,25	0,20	0,03	0,02
Sud Africa	3,93	0,70	0,22	-0,78	-0,04	0,37	-0,36	-0,11	-0,27	-0,12	-0,17	-0,17
Spagna	4,21	0,90	1,39	-0,57	-1,25	1,15	-1,22	0,25	-0,42	0,20	0,01	0,00
Sri Lanka	3,47	0,73	-0,41	0,76	-0,26	-0,31	0,36	-0,23	0,07	-0,08	-0,08	-0,08
Swaziland	3,58	0,66	-0,24	1,16	0,62	-0,72	0,83	-0,12	0,18	-0,31	-0,09	-0,07
Svezia	4,32	0,93	1,35	-0,24	-1,56	1,14	-1,07	0,21	-0,31	0,35	0,08	0,08
Svizzera	4,41	0,92	1,64	0,01	-1,27	1,05	-1,01	0,39	-0,17	0,21	0,14	0,11
Siria	3,46	0,66	-0,46	-0,83	0,30	0,01	-0,01	-0,32	-0,34	-0,38	-0,35	-0,32
Tanzania	2,68	0,42	-1,71	1,25	1,25	-1,50	1,55	-0,60	0,28	-0,44	-0,26	-0,22
Tailandia	3,74	0,75	0,90	-0,23	-0,28	0,51	-0,50	0,08	-0,16	-0,02	-0,03	-0,05
Togo	3,14	0,47	-1,14	0,93	1,24	-1,18	1,27	-0,40	0,03	-0,52	-0,30	-0,30
Trinidad e Tobago	3,87	0,79	0,60	-1,62	-0,55	0,98	-1,00	0,08	-0,45	0,06	-0,10	-0,11
Tunisia	3,73	0,70	0,30	-0,19	-0,17	0,23	-0,22	-0,06	-0,21	-0,05	-0,10	-0,09
Turchia	3,81	0,73	0,67	-0,63	-0,07	0,48	-0,56	-0,03	-0,40	-0,19	-0,21	-0,22
Uganda	3,03	0,41	-1,50	2,47	1,57	-1,97	1,79	-0,50	0,54	-0,50	-0,15	-0,23
Ucraina	3,50	0,74	-0,15	-1,50	-1,17	0,90	-0,91	-0,23	-0,56	0,12	-0,22	-0,19
Regno Unito	4,31	0,92	1,51	-0,89	-1,33	1,34	-1,28	0,28	-0,53	0,27	0,01	0,00
Stati Uniti	4,47	0,93	1,38	-1,02	-1,23	1,30	-1,38	0,30	-0,49	0,22	0,01	-0,03
Uruguay	3,94	0,83	0,57	-0,17	-0,65	0,50	-0,46	0,00	-0,38	-0,03	-0,14	-0,12
Venezuela	3,76	0,77	0,45	-1,33	-0,09	0,65	-0,68	-0,06	-0,42	-0,15	-0,21	-0,21
Vietnam	3,23	0,67	-0,80	0,16	0,06	-0,37	0,37	-0,41	-0,06	-0,16	-0,21	-0,20
Yemen	2,86	0,45	-1,04	-0,17	1,20	-0,75	0,79	-0,42	0,09	-0,47	-0,27	-0,24
Zambia	2,86	0,42	-1,43	0,59	1,36	-1,21	1,28	-0,52	0,04	-0,38	-0,29	-0,29
Zimbabwe	3,43	0,56	-0,71	-0,23	0,93	-0,52	0,64	-0,30	-0,11	-0,29	-0,24	-0,24

TABELLA A.3

## ABBREVIAZIONI

Abbreviazioni	Descrizione
Pil	Prodotto interno lordo
IPil	Logaritmo base 10 del Pil
ISU	Indice di sviluppo umano
P:x	Indice ottenuto con le componenti principali
C:x	Indice ottenuto con il metodo della media concava
x-s:x	Con linearizzazione della funzione quantile
x:E	Indice relativo alle variabili economiche
x:N	Indice relativo alle variabili ambientali
x:S	Indice relativo alle variabili sociali
x:G	Indice generale

## BIBLIOGRAFIA

- CASADIO TARABUSI E. e P. PALAZZI (2004), "An index for sustainable development", *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review*, no. 229, pp. 185-206.
- CHAKRAVARTY, S.R. (2003), "A generalized human development index", *Review of Development Economics*, vol. 7, no. 1, pp. 99-114.
- DALY, H.E e J.B. COBB Jr (1989), *For the Common Good*, Beacon Press, Boston.
- GENTILI, B. (2001), "L'indice di sviluppo umano. Una nuova metodologia di calcolo", Università di Roma "La Sapienza", Roma, Tesi di laurea in Scienze Statistiche ed Economiche.
- LAWN, P.A. (2003), "A theoretical foundation to support the Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW), Genuine Progress Indicator (GPI), and other related indexes", *Ecological Economics*, vol. 44, no. 1, pp. 105-18.
- NORDHAUS, W. D. e J. TOBIN (1973), "Is growth obsolete?", *Studies in Income and Wealth*, vol. 38, pp. 509-32.
- PALAZZI, P. (1997), *Dinamica della struttura economica mondiale e suoi effetti sulle relazioni Nord-Sud*, Giappichelli, Torino.
- PALAZZI, P. e A. LAURI (1998), "The Human Development Index: suggested corrections", *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review*, no. 205, pp. 193-221.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987), *Our Common Future (Brundtland Report)*, Oxford University Press, Oxford.

## FONTI DEI DATI

- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAM (2000), *Human Development Report 2000*, Oxford University Press, New York.
- WORLD BANK (2000), *Social Indicators of Development*, Washington.