

## L'approccio multicriteri come strumento di supporto decisionale in ambito forestale

Cóndor RD\* <sup>(1)</sup>, Scarelli A <sup>(2)</sup>, Valentini R <sup>(1)</sup>

(1) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse, Università degli Studi della Tuscia, v. S. Camillo de Lellis, I-01100 Viterbo (Italy); (2) Dipartimento di Ecologia ed sviluppo economico sostenibile, Università degli Studi della Tuscia, v. S. G. Decollato 1, I-01100 Viterbo (Italy). - \*Corresponding Author: Rocío Dánica Cóndor (rociocóndor@libero.it).

**Abstract:** *Multicriteria approach as a decision-support tool in the forest sector.* In this paper we present the multicriteria approach as a tool for supporting decision in the forest sector. The multifunctionality of forest ecosystem (forest ecosystem services) have been recognised as a crucial characteristic; therefore, interventions associated to different programs, plans, projects are assessed with increasing attention. The above need call for an appropriate scientific framework able to face the different interests around forests, and the multifunctional and multidimensional (social, economic and environmental) characteristics of a decision problem. Among the different decision support tools used in forest and environmental sectors, this article describes the conceptual and applicative developments of the multicriteria analysis in the forest sector. Through the multicriteria approach a compromise solution may be achieved, where an appropriate aggregation method allows considering different points of view, which are transformed into multiple evaluation criteria. The theoretical and practical framework proposed in this work may constitute a valuable support for decision makers in the forest sector.

**Keywords:** Multicriteria analysis, Decision support, Forest sector, Environment

*Received: Oct 20, 2008; Accepted: Feb 12, 2009*

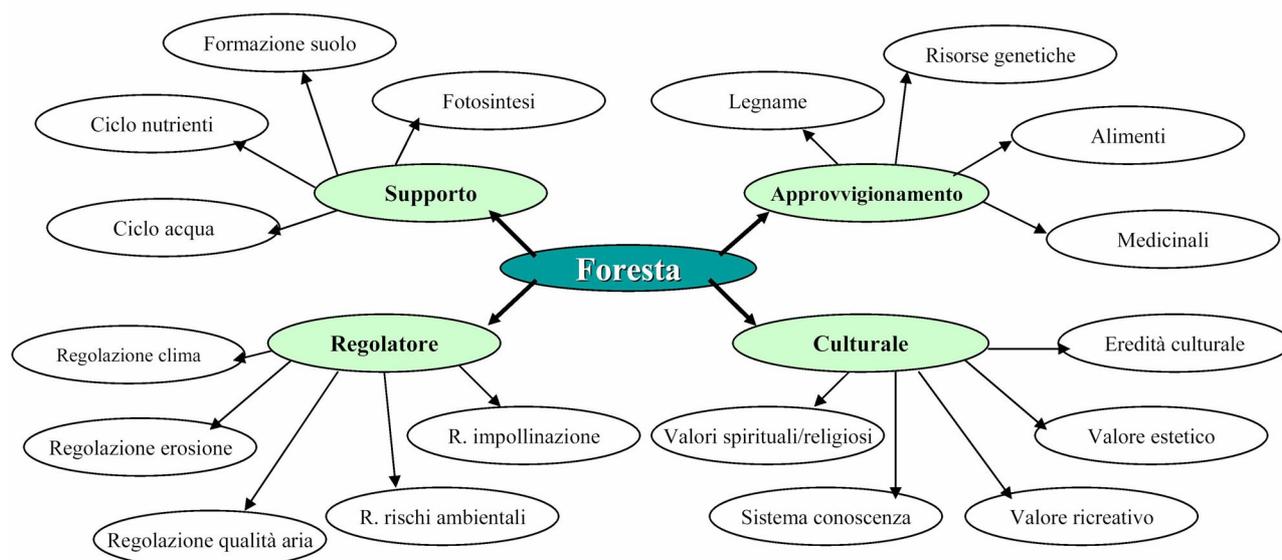
**Citation:** Cóndor RD, Scarelli A, Valentini R, 2009. L'approccio multicriteri come strumento di supporto decisionale in ambito forestale. *Forest@* 6: 161-172 [online: 2009-05-19] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.

### Introduzione

Al momento dell'implementazione di "interventi" quali programmi, progetti e piani di sviluppo, il settore forestale deve affrontare diverse sfide. La maggior parte delle volte gli obiettivi da raggiungere sono molteplici come quelli proposti nel campo degli Accordi Multilaterali Ambientali (AMA). Alcuni di essi, proposti nel 1992 al vertice mondiale di Rio, sono conosciuti come "Convenzioni di Rio" e includono la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), la Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) e la Convenzione delle Nazioni Unite per combattere la desertificazione (UNCCD). Le foreste sono state considerate come un tema trasversale alle suddette Convenzioni (UNFCCC 2002, UNCCD/CBD 2004, UNEP/CBD 2004, UNEP/CBD 2007).

Le foreste offrono funzioni ecologiche e forniscono non solo prodotti come il legno, ma anche servizi quali la conservazione dei suoli e l'acqua, la conservazione della diversità biologica, la protezione dell'eredità culturale e la generazione d'impiego. Tuttavia questa multifunzionalità evidenzia aspetti contraddittori quali la conservazione della diversità biologica forestale, il rapido sviluppo dei mercati e la promozione dello sviluppo sostenibile (Scherr et al. 2002).

L'obiettivo di questo articolo è di presentare e descrivere gli elementi che rendono l'approccio multicriteri uno strumento di supporto alla decisione utile in ambito forestale. Per rendere evidente i vantaggi e gli svantaggi, tale strumento sarà messo a confronto con altri tradizionalmente applicati in campo ambientale e forestale. Infine sono presentati tre esempi



**Fig. 1** - Servizi dell'ecosistema forestale.

della sua applicazione.

### Le foreste: ecosistema multifunzionale

I servizi dell'ecosistema forestale sono definiti come i benefici che l'uomo ottiene dagli ecosistemi (MA 2005a). Essi sono il risultato di complesse relazioni e processi che coinvolgono diversi elementi della diversità biologica (geni, specie ed ecosistemi - IUCN 2005). Tali servizi sono classificati come (MA 2005a, UNEP/CBD 2005a): i) di supporto, ovvero che mantengono le condizioni di vita sulla terra; ii) d'approvvigionamento, ovvero beni e prodotti forniti dagli ecosistemi; iii) regolatori, cioè i benefici ottenuti dalla regolazione dei processi dell'ecosistema; e iv) culturali, ossia i servizi non materiali (Fig. 1). I servizi dell'ecosistema forestale includono i prodotti forestali (legname e prodotti non legnosi) e i servizi ambientali, quali la diversità biologica, il sequestro di carbonio, la protezione dei bacini e il paesaggio forestale. Questi servizi hanno un potenziale di mercato (Landell-Mills & Porras 2002, Katila & Puustjärvi 2004, Grieg-Gran et al. 2005).

Identificare e approfondire lo studio dei servizi dell'ecosistema forestale permetterà di comprendere la multifunzionalità del settore forestale. Inoltre è possibile analizzare l'interesse che esiste per i multipli servizi ed esaminare le sinergie e i conflitti che esistono tra di loro. In Tab. 1 è presentata una valutazione iniziale degli interessi, a livello globale e locale, per i servizi dell'ecosistema forestale. Questo confronto evidenzia un interesse a livello globale ("Convenzioni di Rio") di tipo diretto (servizi di approvvigionamento e di regolazione) e indiretto (servizi di

supporto). Sono anche stati identificati i servizi rilevanti a livello locale (servizi di approvvigionamento, di regolazione e culturali). Altri autori suggeriscono l'internazionalizzazione dei servizi forestali a livello locale, nazionale e globale (Nasi et al. 2002, Castro et al. 2002).

### Strumenti di valutazione ambientale e forestale

In campo ambientale e forestale sono stati proposti diversi strumenti di supporto alla decisione che dipendono dalla scala di valutazione che può essere globale o locale (Tab. 2).

Nell'ambito dell'adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici, a livello globale, sono state presentate valutazioni integrate, ottenute mediante l'analisi costi-benefici e l'analisi multicriteri. Quest'ultimo è comunemente utilizzato per valutare le attività sull'adattamento (Klein et al. 2007).

Al fine di raggiungere soluzioni di compromesso tra i servizi dell'ecosistema, sono stati proposti strumenti come la valutazione economica e l'analisi costo-benefici. Il primo misura il contributo relativo dei servizi al benessere umano mediante una monetizzazione (MA 2005b).

Tra i metodi di valutazione della sostenibilità dei progetti del Meccanismo di Sviluppo Pulito (CDM) nell'ambito del Protocollo di Kyoto è noto l'utilizzo delle *checklists* e dell'analisi multicriteri o, la combinazione di entrambi i metodi. Esistono, inoltre, approcci di tipo economico, metodologie di ordinamento e linee guida (Olsen 2005). Il *Panel* consultivo scientifico e tecnico del Fondo mondiale per l'Am-

Tab. 1 - Interessi per i servizi dell'ecosistema forestale a livello locale e globale.

Servizi dell'ecosistema forestale		Locale	Globale		
			UNFCCC	UNCCD	CBD
Supporto	Formazione del suolo	-	-	√	√
	Fotosintesi	-	√	√	√
	Produzione primaria	-	√	√	√
	Ciclo dei nutrienti	-	√	-	√
	Ciclo dell'acqua	-	-	√	-
Approvvigionamento	Alimenti:	-	-	-	-
	Piante selvatiche e prodotti animali	√	-	√	√
	Legno:	-	-	-	-
	Legname	√	√	√	-
	Legna da ardere	√	√	√	-
	Risorse genetiche	√	-	-	√
	Medicine naturali, farmaceutiche	√	-	-	√
	Risorse ornamentali	√	-	-	√
	Acqua fresca	√	-	-	-
Regolatore	Regolazione della qualità dell'aria	√	-	-	-
	Regolazione del clima:	-	-	-	-
	Globale	-	√	√	√
	Regionale	-	-	√	√
	Locale	√	-	√	√
	Regolazione dell'acqua	-	-	√	-
	Regolazione dell'erosione	-	-	√	-
	Purificazione dell'acqua	-	-	√	-
	Regolazione delle malattie	√	-	√	√
	Regolazione degli infestanti	√	-	√	√
	Impollinazione e dispersione dei semi	√	-	√	√
Regolazione dei rischi naturali	√	-	-	-	
Culturale	Diversità culturale	√	-	-	-
	Valori spirituali e religiosi	√	-	√	-
	Sistema di conoscenze	√	-	√	-
	Valori educativi	√	-	-	-
	Inspirazione	√	-	-	-
	Valore estetico	√	-	-	-
	Relazioni sociali	√	-	-	-
	Senso del posto ( <i>Sense of place</i> )	√	-	-	-
	Valore dell'eredità culturale	√	-	-	-
	Valore ricreativo ed eco-turismo	√	-	-	√

biente (GEF) ha proposto di valutare i progetti durante il disegno e l'implementazione mediante le *checklists*. Ciò considera aspetti di diversità biologica, i cambiamenti climatici, la degradazione del suolo e la desertificazione (GEF 2004). Il Ministero dell'Ambiente tedesco ha anche proposto l'integrazione di aspetti di diversità biologica nelle attività di mitigazione ai cambiamenti climatici attraverso delle *checklists* (UBA 2004).

A livello di valutazione sistematica delle politiche

prioritarie sono in uso strumenti come l'analisi benefici-costi e l'analisi multicriteri. Tuttavia una delle maggiori differenze fra gli approcci di tipo economico (analisi costi-benefici e costi-efficacia) e l'analisi multicriteri è come vengono assegnate le importanze relative (pesi) delle diverse politiche. Gli approcci economici stabiliscono i pesi basandosi su preferenze individuali del mercato, mentre nell'analisi multicriteri i pesi riflettono la performance relativa delle politiche o progetti, derivati da un dialogo con il deci-

**Tab. 2** - Approccio e metodi utilizzati nella valutazione (Fonte: UNEP/CBD 2005b).

Approccio/metodi di valutazione	Scala in cui è più appropriato utilizzare gli strumenti di valutazione:
Strategie e piani di azione	Internazionale, nazionale
Legislazione	Nazionale, regionale (es. EU)
Valutazione d'impatto ambientale	Progetto (locale)
Valutazione ambientale strategica	Nazionale, regionale
Modelli (quantitativi e qualitativi)	Globale, regionali, limitato a livello nazionale - locale
Sustainable livelihood approach	Nazionale - locale
CBD <i>Ecosystem approach</i>	Locale, sub-nazionale e regionale (es. bacini)

sore (Halsnaes & Markandya 2002).

Negli ultimi anni, in ambito forestale, sono stati sviluppati strumenti e standard di valutazione per i progetti. L'iniziativa del *Climate, Community and Biodiversity Alliance Standard* (CCBA) valuta i progetti forestali di mitigazione ai cambiamenti climatici sulla base di 23 criteri fissi (CCBA 2005). *Encofor* è invece un progetto finanziato dall'Unione Europea che propone strumenti, manuali, e fogli di calcolo per il disegno di progetti CDM forestali sostenibili (Encofor 2007). Infine il *CarbonFix Standards* (CFS) propone degli standard per i progetti forestali nel mercato volontario del carbonio (Carbon Fix 2007).

### Analisi multicriteri: strumento di supporto alla decisione

L'analisi multicriteri è un quadro efficace per l'analisi delle politiche perché è multidisciplinare, partecipatorio e trasparente (Munda 2004). La possibilità di valutare obiettivi multipli è inoltre una priorità in ambito forestale. L'analisi multicriteri è già stata usata con successo in processi decisionali che valutano la sostenibilità (Munda 1995, Munda 1997, Martinez-Alier et al. 1998, De Marchi et al. 2000, Munda 2001, De Montis et al. 2004, Omann 2004, Munda 2005).

#### Processo decisionale e analisi multicriteri

L'analisi multicriteri è stata sviluppata in modo particolare dalle scuole del *Multicriteria Decision Aid* (MCDA) e del *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM). L'analisi multicriteri, attraverso la considerazione dei diversi punti di vista, costruisce criteri che rappresentano le vie lungo le quali, gli attori del processo decisionale giustificano, trasformano e argomentano le loro preferenze (Scarelli 1997).

L'analisi multicriteri permette di risolvere quattro tipi di problematiche decisionali (Scarelli 1997): i) il problema di scelta o problematica  $\alpha$  (*choice*), che consiste nel selezionare la o le migliore alternative; ii) il problema di cernita o problematica  $\beta$  (*sorting*), che

assegna le alternative a delle categorie di cui si conoscono le caratteristiche; iii) il problema di ordinamento o problematica  $\gamma$  (*ranking*), che costruisce una graduatoria di alternative dalla migliore alla peggiore; iv) la problematica  $\delta$ , che chiarifica e aiuta alla decisione attraverso la descrizione delle alternative e/o delle loro conseguenze, mettendo in evidenza l'informazione che può aiutare il decisore ad operare una scelta. Le prime tre problematiche (scelta, cernita e ordinamento) comportano l'utilizzo specifico di un modello multicriteri e quindi esigono uno specifico risultato di valutazione (Fig. 2). I problemi di scelta e ordinamento ricorrono in modo più esplicito a un confronto fra le alternative. Invece con la cernita il problema è affrontato considerando il valore intrinseco dell'alternativa, e come risultato le varie alternative vengono assegnate a categorie predeterminate.

#### Alternative e preferenze

La soluzione di un problema decisionale di tipo multicriteri comporta le seguenti azioni: i) definizione del problema; ii) definizione di un sottoinsieme di alternative; iii) identificazione delle preferenze del decisore; iv) costruzione di una famiglia di criteri sui diversi punti di vista (o obiettivi specifici) e; v) scelta del modello multicriteri (o metodo di aggregazione).

Le alternative sono i piani, programmi, progetti o anche gli interventi e le azioni che un decisore deve valutare. In molti casi non è fattibile definire a priori un sottoinsieme di alternative; talvolta la sua definizione avviene durante il processo decisionale. Un gruppo di alternative può essere *stabile*, quando definito a priori e immutabile durante tutto il processo; *evolutivo*, quando si modifica durante il processo; *globalizzato*, quando le alternative si escludono mutuamente o *frammentato*, quando il risultato del processo di decisione fa intervenire combinazioni di elementi del gruppo di alternative (Scarelli 1997).

Supponiamo che una commissione universitaria

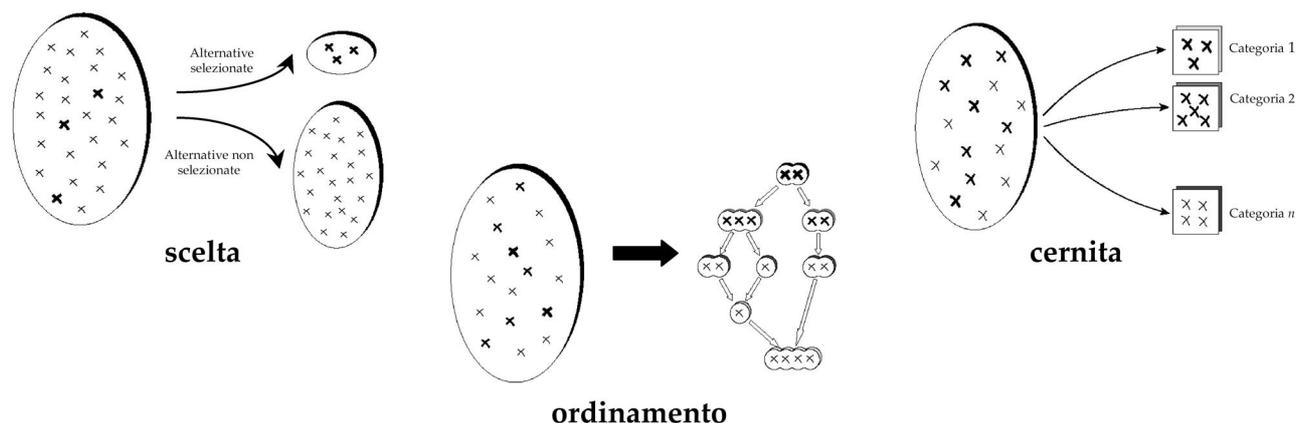


Fig. 2 - Problemi decisionali.

debba decidere se approvare il proseguimento di progetti di ricerca e accettare o rifiutare nuovi progetti. In questo esempio il sottoinsieme di alternative è *evolutivo*, ma anche *frammentato* a causa delle risorse finanziarie limitate.

I modelli multicriteri devono considerare le preferenze espresse dai decisori. Se esistono due alternative, ad esempio, il decisore può avere una preferenza, una indifferenza su entrambe (indifferenza) oppure un rifiuto od impossibilità di confronto (incomparabilità). I modelli multicriteri prevedono anche la modellizzazione delle preferenze: si può passare da una struttura di preferenza tradizionale, attraverso un semplice problema di ottimizzazione di una funzione, a una struttura più complessa come quelle a intervallo, a una soglia, a due soglie (Scarelli 1997). L'utilizzo delle soglie d'indifferenza o di preferenza rende possibile l'interpretazione corretta di differenze tra le valutazioni delle alternative. Inoltre permette di differenziare situazioni d'indifferenza e di preferenza stretta, considerando l'imprecisione e l'incertezza dei dati utilizzati per la valutazione (Roy et al. 1986).

#### Criteri di valutazione

La costruzione della famiglia di criteri di valutazione incide in modo rilevante sulla qualità del processo decisionale. Un criterio è uno strumento che permette di paragonare le azioni in relazione ad un particolare punto di vista che rispecchia gli interessi dei partecipanti. Supponiamo che si debba scegliere tra diversi progetti di risanamento assieme ad un decisore e che siano stati proposti cinque criteri di valutazione (il costo d'investimento, l'impatto sull'impiego, il costo delle operazioni, il costo del trasporto, l'impatto ambientale e l'impatto sociale). Questi criteri sono poi trasformati in indicatori operativi per la

valutazione delle alternative. Per un criterio come l'impatto sull'impiego è stato proposto un indicatore basato sul numero di persone impiegate.

Lo sviluppo degli indicatori, inoltre, dipenderà anche dall'informazione disponibile. Tuttavia i criteri di valutazione devono soddisfare alcuni requisiti come essere esaustivi, non ridondanti, comprensibili dai partecipanti al processo decisionale e da loro accettati. Sono anche necessarie le seguenti caratteristiche (Scarelli 1997): i) leggibilità, cioè definire un numero di criteri sufficiente affinché l'analista, nella fase di aggregazione, possa collocare tutte le informazioni intercriteriali; ii) operatività, cioè l'accettazione del metodo da parte di tutti gli attori, come valido strumento per concretizzare il processo decisionale.

Ad ogni criterio va associata sia una scala di valutazione quantitativa o qualitativa, sia un'informazione intercriteriale e intracriteriale. L'informazione intercriteriale si riferisce all'importanza relativa dei criteri (pesi) e la loro interpretazione non è sempre immediata e dipende da come saranno utilizzati. I pesi hanno un significato diverso secondo il metodo multicriteri che si utilizza. Essi sono delle costanti di scala, per cui se viene cambiata l'unità nella quale è espresso un criterio, cambia anche il peso. In altri metodi il peso di un criterio gioca il ruolo di un voto in una votazione (Bouyssou et al. 2000). L'informazione intracriteriale si riferisce alle soglie (preferenza e indifferenza).

#### Metodi di aggregazione

La scelta di un determinato modello multicriteri (metodo di aggregazione) dipende da diversi fattori, quali la quantità e la qualità dell'informazione disponibile, il ruolo e l'atteggiamento del decisore, la natura dell'oggetto della valutazione, il tipo di applica-

zione e la problematica decisionale (Guitouni & Martel 1998, Moffett & Sarkar 2006).

I metodi di aggregazione utilizzati seguono tre diversi approcci basati su (Vincke 1992, Roy 1985): i) la teoria dell'utilità multiattributo, ii) le relazioni di surclassamento, e iii) il dialogo interattivo. Il primo è un approccio di sintesi unico dei criteri, dove non è accettata l'incomparabilità (AHP, UTA, MAUT, MAVT ecc.). L'approccio di surclassamento accetta l'incomparabilità (ELECTRE, PROMETHEE, NAIADE, REGIME ecc.) mentre il dialogo interattivo prevede un'interazione diretta con il decisore (programmazione per passi).

La scelta di un metodo di aggregazione significa accettare una forma di compensazione tra i criteri. L'aspetto compensatorio di un metodo traduce la possibilità più o meno elevata di controbilanciare uno svantaggio su un criterio con un vantaggio su un altro (Scarelli 1997). Un metodo non compensatorio necessita come informazione intercriteriale l'importanza relativa tra i criteri ed è utile nei casi in cui le procedure hanno una forte valenza politica o sociale. Un metodo non compensatorio può valutare in modo non favorevole un progetto che comporta molti benefici economici a fronte anche di un solo impatto sull'ambiente giudicato inaccettabile.

Si ribadisce che in ambito ambientale e forestale i metodi di aggregazione più raccomandati sono quelli di tipo non compensatorio, a causa della complessità e multidimensionalità delle problematiche decisionali. D'altra parte, in accordo con il metodo multicriteri scelto, la valutazione delle alternative può implicare un concetto intrinseco di sostenibilità *debole* o *forte* (Munda 1997). Un metodo non compensatorio implica un concetto di sostenibilità *forte*. L'analisi costi-benefici o metodi multicriteri di analisi di utilità multiattributo, ad esempio, sono modelli di tipo compensatorio (Munda 1995, Martinez-Alier et al. 1998). La famiglia di metodi ELECTRE sono, invece, di tipo non compensatorio (Kangas et al. 2001, Munda 2005).

I metodi multicriteri permettono di affrontare problemi con interessi conflittuali e multidimensionali (economico, ambientale, sociale), di considerare diversi punti di vista, di utilizzare una famiglia di criteri, di rendere effettivo un approccio multidisciplinare e di organizzare le informazioni per raggiungere una soluzione di compromesso.

### **Analisi multicriteri nel settore forestale**

Un metodo multicriteri impiegata in campo forestale è il NAIADE, che permette di confrontare le al-

ternative sulla base di un set di criteri, non utilizza il peso sui criteri e genera un ordinamento di alternative (Munda 1995). NAIADE è un metodo multicriteri (relazioni di surclassamento) di tipo discreto, cioè ha un numero finito di alternative da valutare. Il suddetto metodo è stato utilizzato per decidere l'appropriata combinazione di tecniche per la riforestazione con *Pinus nigra* in una zona mediterranea, dove si sono verificati incendi (Espelta et al. 2003). Le alternative considerano i diversi metodi di rimozione della vegetazione, i metodi di riforestazione e di preparazione dei suoli. I metodi di rimozione della vegetazione considerati sono: il pascolo, l'incendio controllato, la rimozione meccanica e il controllo (vegetazione intatta). I metodi di riforestazione sono due: l'utilizzo di piantule di *P. nigra* e la semina. Due sono state le tecniche di preparazione dei suoli: l'aratura e la preparazione di buche per le piantule. Prima della valutazione multicriteri è stata eseguita una verifica in campo degli interventi descritti in precedenza. I risultati sono stati valutati con la tecnica statistica ANOVA che ha permesso di escludere la semina. Con la valutazione multicriteri (NAIADE) sono state formulate otto diverse alternative: G+R, G+P, B+R, B+P, M+R, M+P, C+R e C+P; dove: G, pascolo; B, incendio controllato; M, rimozione meccanica; C, controllo; R, aratura; P, buche per le piantule. Sono stati utilizzati cinque criteri tra cui il costo, la sopravvivenza del *P. nigra*, l'altezza delle piante di *P. nigra*, la densità e la diversità dei piccoli mammiferi. Fra questi esistono criteri numerici come il costo, ma anche criteri di tipo *fuzzy*, come la sopravvivenza e l'altezza di *P. nigra*. Questi ultimi criteri hanno un'interazione con variabili come la rimozione di vegetazione, la preparazione del suolo e la zona. Di conseguenza è stata utilizzata una funzione *fuzzy*. Per implementare NAIADE sono state assegnate le soglie ai criteri (differenza, indifferenza). In una valutazione iniziale con NAIADE sono stati utilizzati tre criteri (costo, sopravvivenza e altezza). Le alternative C+R o M+R sono state selezionate come le migliori, mentre l'alternativa M+P come la peggiore. In una seconda valutazione sono stati inseriti altri due criteri (la densità e la diversità dei mammiferi). Questo ha comportato un cambio nell'ordinamento delle alternative. Il risultato dimostra che C+R è l'alternativa preferita, mentre le alternative B+P e M+P hanno il peggiore punteggio perché comportano un impatto ecologico negativo e costi alti. È stato dimostrato, con un metodo multicriteri, che sebbene le tecniche di riforestazione siano legate ad un quadro economico, è possibile conciliare questo aspetto con una serie

Tab. 3 - Esempio di supporto alla decisione ed analisi multicriteri in ambito forestale.

Autori/anno	Paese	Problema decisionale	Tipo di modelli/analisi
Srinivasa Raju et al. (2000)	Spagna	Gestione sostenibile delle risorse idriche	Metodi: PROMETHEE/ ELECTRE
Prato (2000)	Stati Uniti	Piani di gestione del paesaggio	Metodi di attributo multiple ( <i>Multiple attribute decision making</i> )
Joerin & Musy (2000)	Svizzera	Gestione del territorio e sistema d'informazione geografico	MAGISTER, strumento di supporto alle decisioni
Church et al. (2000)	Stati Uniti	Gestione strategica nazionale, regionale e locale	Supporto decisionale spaziale forestale
Martin et al. (2000)	Stati Uniti	Valutazione di alternative di gestione forestale	Analisi decisionale con uso di valore di funzione
Kangas et al. (2001)	-	Gestione Strategica delle Risorse Naturali	Metodo: PROMETHEE/ELECTRE
Ananda & Herath (2003)	Australia	Pianificazione regionale forestale	Metodo AHP
Kazana et al. (2003)	Regno Unito	Gestione forestale multiple	Supporto alla decisione, modellizzazione, MINMAX
Brown & Corbera 2003	Messico	Valutazione dei progetti forestali	Analisi multicriteri degli attori
Bojórquez-Tapia et al. (2004)	Messico	Valutazione attitudinale del territorio ( <i>Land suitability assessment, LSA</i> )	Supporto decisionale, uso di AHP
Dimopoulou & Giannikos (2004)	Grecia	Controllo degli incendi forestali	Programmazione matematica
Hjortsø (2004)	Danimarca	Pianificazione forestale e partecipazione dei cittadini	SODA, metodo <i>soft</i> di ricerca operativa

di criteri ambientali.

Un'altra ricerca dimostra il vantaggio che esiste fra la combinazione di modelli di simulazione e i metodi multicriteri (Huth et al. 2005). Inizialmente sono stati simulati 64 scenari di taglio in una foresta pluviale in Malesia con un modello di crescita forestale. Gli scenari sono stati diversificati in termini di metodi di operazione di taglio (dal convenzionale al taglio a impatto ridotto), ciclo di taglio (20, 40, 60, 80 anni), taglio a diametro minimo (30, 40, 50, 60 cm) e intensità di taglio. Quest'ultimo è stato definito come il numero restante di alberi da raccolta dopo ogni intervento di taglio (0, 3, 6, 9 alberi ad ettaro). Con i risultati della simulazione è stato possibile calcolare il rendimento di produzione di legname (Y), l'apertura della chioma (C) e la composizione delle specie (B), che sono diventati i criteri di valutazione utilizzati con il metodo multicriteri PROMETHEE (Brans et al. 1986). Questi criteri misurano la deviazione dallo stato naturale della foresta. L'obiettivo è stato quello di massimizzare Y e di minimizzare C e B. PROMETHEE permette di confrontare le alternative (scenari di taglio) a coppia (conosciuto come "pairwise") per

ogni criterio (Y, C, B) in forma separata e il risultato conduce a un ordinamento delle alternative. Inoltre, questo metodo permette di assegnare i pesi ai criteri. Quindi è stato possibile valutare gli scenari di taglio considerando la variazione del peso e il loro effetto sul risultato finale. L'analisi multicriteri dimostra che cinque sono gli scenari di taglio ottimali, tutti con un taglio a impatto ridotto, con cicli di taglio a lungo periodo (maggiore a 60 anni) o con un'intensità di taglio media e un limite di taglio del fusto fra i 50 e 60 cm di diametro.

Entrambi gli esempi mostrano il successo della combinazione tra il MCDA e l'utilizzo di strumenti di supporto quali le statistiche o modelli di crescita forestale. Per quanto riguarda i criteri di valutazione, un vantaggio dell'analisi multicriteri è la possibilità di trattare in forma integrata un gran numero di criteri non necessariamente aventi la stessa scala di valutazione, diversamente ad altri strumenti (analisi costi-benefici). I metodi di aggregazione basati sulle relazioni di surclassamento sono applicati ad un numero finito di alternative e quindi è consigliabile il loro utilizzo a supporto di decisioni di tipo strategi-

co. Altri esempi in contesto forestale sono presentati in Tab. 3.

Nell'implementazione dell'analisi multicriteri sarebbe auspicabile condurre un processo di aiuto alla decisione (*decision aiding process*) che prevede l'integrazione tra un analista (o ricercatore) e un decisore, permettendo la costruzione e la rappresentazione dell'interesse del decisore (Tsoukiàs 2007). Questo lavoro presenta solo la parte concettuale dell'approccio multicriteri, mentre un esempio di processo di aiuto alla decisione che utilizza l'analisi multicriteri applicato al settore forestale è riportato in Cóndor (2008). Tale lavoro ha prodotto un contributo metodologico, in sintonia con gli sviluppi a livello internazionale, per la valutazione delle sinergie fra le Convenzioni di Rio di Janeiro a livello di progetto. In pratica, la valutazione delle sinergie a livello di progetti forestali è stata affrontata come un problema decisionale. Quindi, attraverso la conduzione di un processo di aiuto alla decisione sono state definite delle attività quali la definizione della problematica, la formulazione del problema, la definizione delle variabili del modello multicriteri e sono state fatte le raccomandazioni finali (Tsoukiàs 2007). Questa ricerca ha valutato la coerenza dei progetti forestali con lo sviluppo sostenibile e gli obiettivi delle Convenzioni di Rio mediante un processo di aiuto alla decisione e l'adozione di un metodo multicriteri di tipo *sorting*. Il modello ELECTRE TRI (non compensatorio, approccio di surclassamento) prevede un sottinsieme di progetti valutati con una famiglia di criteri (qualitativi/quantitativi), un insieme di categorie ordinate (gerarchiche) e l'assegnazione dei progetti a queste categorie.

Sono stati considerati 10 progetti forestali di afforestazione e riforestazione (sito *web* della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici, UNFCCC) implementati nei seguenti paesi: Cina, Ecuador, Colombia, Madagascar, Brasile, Albania, Moldavia, Honduras. Sono stati selezionati 11 indicatori forestali (economici, ambientali e sociali) validati con un questionario *ad hoc* e interviste personali con esperti internazionali in ambito forestale. Infine, per l'applicazione di ELECTRE TRI sono stati definiti parametri quali i pesi dei criteri, le soglie e le tre categorie a cui sono stati assegnati i progetti forestali (C1 sinergico; C2 ragionevolmente sinergico; C3 non sinergico). Uno dei risultati di questa ricerca è stata l'assegnazione dei progetti alle categorie. Ciò ha permesso di differenziare i progetti per le loro tipologie (ad esempio agroforestali, grandi piantagioni ecc.) e di capire come sono stati concepiti e pianifi-

cati i progetti forestali (Cóndor et al. 2009).

#### *Stato dell'arte delle applicazioni*

La ricerca operativa ha sostenuto la gestione forestale nella pianificazione a lungo (gestione strategica), medio e corto (gestione operativa) termine (Martell et al. 1998). Nella gestione strategica si trattano problemi che riguardano la destinazione d'uso di larghe porzioni di territorio con orizzonti temporali lunghi integrando fra loro strategie di sviluppo e di pianificazione del territorio. Esempi di supporto alla decisione includono problemi d'istituzione e gestione di parchi e riserve naturali, strategie di sviluppo forestale o strategie di gestione integrata di risorse naturali.

Nella gestione a medio termine si trattano problemi legati alla gestione di un territorio circoscritto con orizzonti temporali limitati. Problemi tipici in questo caso includono la rotazione di colture e i tagli, la gestione dell'accessibilità al territorio, l'integrazione di diversi sistemi produttivi e delle risorse naturali del territorio e la creazione di infrastrutture.

Per la gestione operativa troviamo problemi come i piani di taglio, la gestione della produzione, la pianificazione delle operazioni forestali, la gestione delle attrezzature di supporto e la prevenzione e gestione degli incendi. In Tab. 3 sono stati selezionati alcuni esempi di applicazione dell'analisi multicriteri alla risoluzione di problemi decisionali. Ulteriori riferimenti bibliografici sui modelli multicriteri nel settore forestale si trovano in De Steiguer et al. (2002).

Va rilevato che nel settore forestale sono stati sviluppati altri ambiti di ricerca e applicazioni sulla valutazione della sostenibilità nella gestione delle foreste (Varma et al. 2000, Mendoza & Prabhu 2000, Mendoza & Prabhu 2003, Mendoza & Prabhu 2005, Brang et al. 2002, Wolfslehner et al. 2003, Wolfslehner et al. 2005, Sheppard & Meitner 2005). Sono state presentate diverse pubblicazioni e linee guida per la selezione di criteri e indicatori di gestione forestale sostenibile e l'uso dell'analisi multicriteri (Prabhu et al. 1998, Prabhu et al. 1999a, Prabhu et al. 1999b). Sono anche stati analizzati il potenziale e le limitazioni nell'impiego dei metodi multicriteri nella valutazione della gestione forestale (Wolfslehner 2006, Mendoza & Martins 2006, Diaz-Balteiro & Romero 2007). Tuttavia i metodi multicriteri non dovrebbero sostituire la pianificazione forestale, ma esserne un complemento (Kangas & Kangas 2005). Una recensione dei metodi multicriteri in ambito di pianificazione della conservazione delle risorse ha identificato il metodo di utilità multiattributo (MAVT, AHP)

come quello più applicato. L'ELECTRE III e il PROMETHE I sono potenzialmente utilizzabili (Moffett & Sarkar 2006). ELECTRE TRI è stato per prima volta applicato nella valutazione di progetti forestali internazionali in Córdor et al. 2009. Ulteriori sviluppi in ambito forestale si intravedono quando si affronta il concetto di sostenibilità oppure si rende indispensabile una decisione di gruppo (Diaz-Balteiro & Romero 2007). Infine è anche diffuso lo sviluppo di sistemi di supporto alla decisione (DSS) in cui l'analisi multicriteri viene integrata con sistemi di informazione geografica. Ciò è particolarmente usato nell'ambito delle valutazioni delle politiche e pianificazioni strategiche forestali (Gilliams et al. 2005).

### **Conclusioni**

L'analisi dei servizi dell'ecosistema forestale ha permesso di riconoscere la multidimensionalità e multifunzionalità dell'ecosistema. Su questa base è possibile identificare gli interessi associati ai servizi forestali.

Sono diversi gli strumenti di valutazione utilizzati in ambito ambientale e forestale. Questo articolo presenta l'analisi multicriteri come appropriato quadro scientifico di supporto alla decisione per la valutazione di politiche, strategie, piani, programmi o progetti nel settore forestale. L'analisi multicriteri permette di considerare criteri multipli che sono, conflittivi e multidimensionali (economico, ambientale, sociale). Inoltre permette di aggregare un'elevata quantità d'informazione, le aspettative degli attori attivi e passivi coinvolti, formulando una soluzione partecipata o quanto meno di compromesso. Infine, l'utilizzo di metodi multicriteri di tipo non compensatori, appare il più appropriato per la valutazione della sostenibilità in ambito forestale.

### **Ringraziamenti**

L'articolo è stato preparato nell'ambito del dottorato di Ricerca in Ecologia Forestale al DISAFRI (Università della Tuscia). La ricerca è stata finanziata con fondi del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

### **Bibliografia**

Ananda J, Herath G (2003). The use of the analytical hierarchy process to incorporate stakeholder preferences into regional forest planning. *Forest Policy and Economics* 5: 13-26. - doi: 10.1016/S1389-9341(02)00043-6

Bojórquez-Tapia LA, de la Cueva H, Diaz S, Melgarejo D, Alcantar G, Solares MJ, Grobet G, Cruz-Bello G (2004). Environmental conflicts and nature reserves: redesigning

Sierra San Pedro Mártir National Park, Mexico. *Biological Conservation* 117: 111-126. - doi: 10.1016/S0006-3207(03)00265-9

Bouyssou D, Marchant Th, Perny P, Pirlot M, Tsoukià s A, Vincke P (2000). Evaluation and decision models: a critical perspective, Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, pp. 267.

Brang P, Courbaud B, Fischer A, Kissling-Naf I, Pettenella D, Schonenberger W, Spork J, Grimm V (2002). Developing indicators for the sustainable management of mountain forests using a modelling approach. *Forest Policy and Economics* 4: 113-123. - doi: 10.1016/S1389-9341(02)00011-4

Brans JP, Mareschal B, Vincke P (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method for MCDM. *European Journal of Operational Research* 24: 228-238. - doi: 10.1016/0377-2217(86)90044-5

Brown K, Corbera E (2003). Exploring equity and sustainable development in the new carbon economy. *Climate Policy* 3S1: S41-S56.

Córdor RD (2008). Multicriteria decision framework: assessing synergies among the Rio Conventions at forestry project level. Tesi dottorato. Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse (DISAFRI), Università degli Studi della Tuscia, Viterbo, Italy.

Córdor R, Scarelli A, Valentini R (2009). A Multicriteria decision aid to support multilateral environmental agreements (MEAs) in assessing international forestry projects. Submitted to *European Journal of Operational Research*.

CCBA (2005). Climate, community and biodiversity project design standards (First Edition). CCBA, Washington DC. May 2005. [online] URL: <http://www.climate-standards.org/>

Carbon Fix (2007). The Carbon Fix Standard. Quality CO2 certificates from new forests. [online] URL: <http://www-carbonfix.info/>

Castro R, Tattenbach F, Gamez L, Olson N (2002). The Costa Rican experience with market instruments to mitigate climate change and conserve biodiversity. *Environmental Monitoring and Assessment* 61: 75-92. - doi: 10.1023/A:1006366118268

Church RL, Murray AT, Figueroa MA, Barber KH (2000). Support system development for forest ecosystem management. *European Journal of Operational Research* 121: 247-258. - doi: 10.1016/S0377-2217(99)00215-5

De Marchi B, Funtowicz SO, Lo Cascio S, Munda G (2000). Combining participative and institutional approaches with multicriteria evaluation. An empirical study for water issues in Troina, Sicily. *Ecological Economics* 34: 267-282. - doi: 10.1016/S0921-8009(00)00162-2

De Montis A, De Toro P, Droste B, Omann I, Stagl S (2004). Sustainable development and evaluation: A framework

- for the comparison of multicriteria decision methods. In: "Alternatives for valuing nature" (Getzner M, Spash C, Stagl S eds). Routledge Edition, US. [online] URL: [http://seri.at/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=43&Itemid=39](http://seri.at/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=43&Itemid=39)
- De Steiguer JE, Liberti L, Schuler A, Hansen B (2002). Multi-criteria decision models for forestry and natural resources management: an annotated bibliography. USDA Forest Service. [online] URL: <http://www.fs.fed.us/ne>
- Diaz-Balteiro L, Romero C (2007). Chapter 25: Multiple criteria decision making in forest planning: recent results and current challenges. In: "Handbook of operations research in natural resources" (Weintraub A, Romero C, Bjorndal T, Epstein R eds), Springer, New York, pp. 614.
- Dimopoulou M, Giannikos I (2004). Towards an integrated framework for forest fire control. *European Journal of Operational Research* 152: 476-486. - doi: 10.1016/S0377-2217(03)00038-9
- Encofor (2007). Environment and community based framework for designing afforestation/reforestation projects in the CDM: methodology development and case studies. Environment and community based framework for designing afforestation, reforestation and revegetation projects - Encofor. [online] URL: <http://www.joanneum.at/encofor/>
- Espelta JM, Retana J, Habrouk A (2003). An economic and ecological multi-criteria evaluation of reforestation methods to recover burned *Pinus nigra* forests in NE Spain. *Forest Ecology and Management* 180: 185-198. - doi: 10.1016/S0378-1127(02)00599-6
- GEF (2004). A conceptual design tool for exploiting interlinkages between the focal areas of the GEF. A report focusing on the needs of the global environment facility, (Gitay H ed). Prepared by the Scientific and Technical Advisory Panel 3A of the global environmental facility - GEF, pp. 53. [online] URL: <http://www.clacc.net/Documents/report/STAP%20report.pdf>
- Gilliams S, Raymaekers D, Muys B, Van Orshoven J (2005). Comparing multiple criteria decision methods to extend a geographical information system on afforestation. *Computers and Electronics in Agriculture* 49: 142-158. - doi: 10.1016/j.compag.2005.02.011
- Grieg-Gran M, Porras I, Wunder S (2005). How can market mechanisms for forest environmental services help the poor? Preliminary lessons from Latin America. *World Development* Vol. 33 (9): 1511-1527.
- Guitouni A, Martel JM (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of Operational Research* 109: 501-521. - doi: 10.1016/S0377-2217(98)00073-3
- Halsnaes K, Markandya A (2002). Chapter 5: Analytical approaches for decision making, sustainable development and green house gases-reduction policies. In: "Climate change and sustainable development. Prospects for developing countries" (Markandya A, Halsnaes K eds), Earthscan, London, pp. 129-162.
- Hjortso CN (2004). Enhancing public participation in natural resource management using Soft OR--an application of strategic option development and analysis in tactical forest planning. *European Journal of Operational Research* 152: 667-683. - doi: 10.1016/S0377-2217(03)00065-1
- Huth A, Drechsler M, Köhler P (2005). Using multicriteria decision analysis and a forest growth model to assess impacts of tree harvesting in Dipterocarp lowland rain forests. *Forest Ecology and Management* 207: 215-232. - doi: 10.1016/j.foreco.2004.10.028
- IUCN (2005). Depend on nature ecosystem services supporting human livelihoods (Mainka S, McNeely J, Jackson B.eds). World conservation union. [online] URL: <http://app.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/2005-009.pdf>
- Joerin F, Musy AA (2000). Land management with GIS and multicriteria analysis. *International Transactions in Operational Research*. 7: 67-78. - doi: 10.1111/j.1475-3995.2000.tb00185.x
- Kangas A, Kangas J, Pykäläinen J (2001). Outranking methods as tools in strategic natural resources planning. *Silva Fennica* 35(2): 215-227.
- Kangas J, Kangas A (2005). Multiple criteria decision support in forest management: the approach, methods applied, and experiences gained. *Forest Ecology and Management* 207: 133-143. - doi: 10.1016/j.foreco.2004.10.023
- Katila M, Puustjärvi E (2004). Markets for forest environmental services: reality and potential. *Unasylva* - No. 219 - Trade and sustainable forest management. Vol. 55 2004/4. [online] URL: <http://www.fao.org/docrep/008/y5918e/y5918e12.htm>
- Kazana V, Fawcett RH, Mutch WES (2003). A decision support modelling framework for multiple use forest management: The Queen Elizabeth Forest case study in Scotland. *European Journal of Operational Research* 148: 102-115. - doi: 10.1016/S0377-2217(02)00348-X
- Klein RJT, Huq S, Denton F, Downing TE, Richels RG, Robinson JB, Toth FL (2007). Inter-relationships between adaptation and mitigation. *Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 745-777.
- Landell-Mills N, Porras IT (2002). Silver bullet or fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. A research report prepared by the International Institute for Environ-

- ment and Development (IIED), London. [online] URL: <http://www.iied.org/pubs/pdf/full/9066IIED.pdf>
- MA (2005a). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Millennium ecosystem assessment. Island Press, Washington, DC, pp. 55-59.
- MA (2005b). Ecosystems and human well-being. Current state and trends. Volume 1. Chapter 2: Analytical approaches for assessing ecosystem condition and human well-being. Millennium ecosystem assessment, Island Press, Washington, DC.
- Martell DD, Gunn EA, Weintraub A (1998). Forest management challenges for operational researchers. *European Journal of Operational Research* 104: 1-17. - doi: 10.1016/S0377-2217(97)00329-9
- Martin WE, Bender HW, Shields DJ (2000). Stakeholder objectives for public lands: Rankings of forest management alternatives. *Journal of Environmental Management* 58: 21-32. - doi: 10.1006/jema.1999.0313
- Martinez-Alier J, Munda G, O'Neill J (1998). Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. *Ecological Economics* 26: 277-286. - doi: 10.1016/S0921-8009(97)00120-1
- Mendoza GA, Martins H (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management* 230: 1-22. - doi: 10.1016/j.foreco.2006.03.023
- Mendoza GA, Prabhu R (2000). Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest Ecology and Management* 131:107-126. - doi: 10.1016/S0378-1127(99)00204-2
- Mendoza GA, Prabhu R (2003). Qualitative multi-criteria approaches to assessing indicators of sustainable forest resource management. *Forest Ecology and Management* 174: 329-343. - doi: 10.1016/S0378-1127(02)00044-0
- Mendoza GA, Prabhu R (2005). Combining participatory modeling and multi-criteria analysis for community-based forest management. *Forest Ecology and Management* 207:145-156. - doi: 10.1016/j.foreco.2004.10.024
- Moffett A, Sarkar S (2006). Incorporating multiple criteria into the design of conservation area networks: a minireview with recommendations. *Diversity and Distributions* 12: 125-137. - doi: 10.1111/j.1366-9516.2005.00202.x
- Munda G (1995). Multicriteria evaluation in a fuzzy environment: Theory and applications in ecological economics. Physica-Verlag, Heidelberg, Germany.
- Munda G (1997). Environmental economics, ecological economics and the concept of sustainable development. *Environ. Values* 6 (2): 213-233. - doi: 10.3197/096327197776679158
- Munda G (2001). Indicators and evaluation tools for the assessment of urban sustainability. [online] URL: <http://www.h-economica.uab.es/cast/documentos/01/10-2001.pdf>
- Munda G (2004). Social multi-criteria evaluation: methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research* 158: 662-677. - doi: 10.1016/S0377-2217(03)00369-2
- Munda G (2005). Multiple criteria decision analysis and sustainable development. In: "Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys" (Figueira J, Greco S, Ehrgott M eds). Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 954-958.
- Nasi R, Wunder S, Campos JJ (2002). Servicios de los ecosistemas forestales. Podrían ellos pagar para detener la deforestación? Informe Técnico N331, Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. Publicación N 28. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Olsen KH (2005). The clean development mechanism's contribution to sustainable development. A review of literature. UNEP Riso Centre: Energy, climate change and sustainable development, Riso National Laboratory, Denmark.
- Omann I (2004). Multi-criteria decision aid as an approach for sustainable development analysis and implementation. Ph.D. thesis, Graz University, Graz, Austria.
- Prabhu R, Colfer C, Shepherd G (1998). Criteria and indicators for sustainable forest management: New findings from CIFOR's Forest Management unit level research. Rural development forestry Network. Network Paper 23a.
- Prabhu R, Colfer CJ, Dudley RG (1999a). Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management. CIFOR 1 The Criteria & Indicators Toolbox Series.
- Prabhu R, Sukadri D, Purnomo H, Hartanto H (1999b). Guidelines for applying multi-criteria analysis to the assessment of criteria and indicators. 9 The Criteria & Indicators Toolbox Series.
- Prato T (2000). Multiple attribute evaluation of landscape management. *Journal of Environmental Management* 60: 325-337.
- Roy B (1985). Metodologie multicritere d'aide a la decision. Economica, Paris.
- Roy B, Present M, Silhol D (1986). A programming method for determining which Paris metro stations should be renovated. *European Journal of Operational Research* 24: 318-334. - doi: 10.1016/0377-2217(86)90054-8
- Scarelli A (1997). Modelli matematici nell'analisi multicriterio. Ed. Sette Città. Vitebo, Italia.
- Scherr S, White A, Kaimowitz D (2002). Making markets work for forest communities. *Forest Trends and Center*

- for International Forestry Research. [online] URL: [http://www.forest-trends.org/documents/publications/ft\\_2628\\_livelihood%20final.pdf](http://www.forest-trends.org/documents/publications/ft_2628_livelihood%20final.pdf)
- Sheppard SRJ, Meitner M (2005). Using multi-criteria analysis and visualisation for sustainable forest management planning with stakeholder groups. *Forest Ecology and Management* 207: 171-187. - doi: 10.1016/j.foreco.2004.10.032
- Srinivasa Raju K, Duckstein L, Arondel C (2000). Multicriterion Analysis for Sustainable Water Resources Planning: A Case Study in Spain. *Water Resources Management* 14: 435-456. - doi: 10.1023/A:1011120513259
- Tsoukiàs A (2007). On the concept of decision aiding process: an operational perspective. *Annals of Operations Research* 154: 3-27.- doi: 10.1007/s10479-007-0187-z
- UBA (2004). Integration of biodiversity concerns in climate change. A toolkit (Choudhury K, Dziedzioch C, Häusler A, Ploetz C eds). Commissioned by the German Federal Environmental Agency, Umweltbundesamt, Berlin, Germany. [online] URL: <http://www.umweltdaten.de/medien-e/biodiv.pdf>
- UNCCD/CBD (2004). Workshop on forests and forest ecosystems: promoting synergy in the implementation of the three Rio conventions. United Nations Convention to Combat Desertification/ Convention on Biological Diversity, Final Report, 5-7 April 2004, Viterbo, Italy.
- UNEP/CBD (2004). Identifying and promoting synergies through forests and forests ecosystems. Note by the Executive Secretariat (Nasi R, MacDicken K eds). United Nations Environment Programme/ Convention on Biological Diversity, Center for International Forestry Research (CIFOR), UNEP/CBD/WS-For-Syn/INF/1.
- UNEP/CBD (2005a). Voluntary guidelines on biodiversity-inclusive impact assessment. United Nations Environment Programme/Convention on Biological Diversity, UNEP/CBD/SBSTTA/11/INF/19.
- UNEP/CBD (2005b). Report of the meeting of the ad hoc technical expert group on biodiversity and adaptation to climate change, United Nations Environment Programme/Convention on biological diversity, UNEP/CBD/SBSTTA/11/INF/5; 5.
- UNEP/CBD (2007). Biodiversity and climate change. Proposal from the executive secretary on options for mutually supportive activities for the secretariats of the Rio conventions, and options for parties and relevant organizations. Note by the Executive Secretary, United Nations Environment Programme/convention on biological diversity. UNEP/CBD/SBSTTA/13/7.
- UNFCCC (2002). Cooperation with relevant international organizations. Cross-cutting thematic areas and activities under the United Nations convention to combat desertification, convention on biological diversity and United Nations framework convention on climate change. United Nations Framework Convention on Climate Change, Secretariat Note no. FCCC/SBSTA/2002/INF.16. - doi: 10.1016/S0378-1127(99)00271-6
- Varma VK, Ferguson I, Wild I (2000). Decision support system for the sustainable forest management. *Forest Ecology and Management* 128: 49-55.
- Vincke P (1992). *Multicriteria decision aid*. West Sussex, UK.
- Wolfslehner B (2006). Potentials and limitations of multicriteria analysis methods in assessing sustainable forest management. (Reynolds KM ed). Proceedings of the IUFRO Conference on sustainable forestry in theory and practice. Edinburgh, Scotland, 5-8 April 2005. [online] URL: [http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw\\_gtr688/papers/IM&IT/session4/wolfslehner.pdf](http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_gtr688/papers/IM&IT/session4/wolfslehner.pdf)
- Wolfslehner B, Harald V, Manfred MJ, Würz A, Hochbichler E, Klumpp R, Spörk J (2003). System analysis approach for assessing sustainable forest management at forest management unit level. Paper submitted to XII World Forestry Congress Quebec, Canada.
- Wolfslehner B, Vacik H, Lexer MJ (2005). Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management. *Forest Ecology and Management* 207:157-170. - doi: 10.1016/j.foreco.2004.10.025