

*The Cost-Benefit Analysis for Projects
in Environmental field. The Choice of the Social
Discount Rate*

L'ANALISI COSTI-BENEFICI PER PROGETTI IN CAMPO AMBIENTALE.

LA SCELTA DEL SAGGIO SOCIALE DI SCONTO*

Gabriella Maselli, Antonio Nesticò

Dipartimento di Ingegneria Civile, Università di Salerno, Via Giovanni Paolo II, 132 - 84084, Fisciano (SA), Italia
gmaselli@unisa.it; anestico@unisa.it

Abstract

The use of constant Social Discount Rates (SDR) in Cost-Benefit Analyses (CBA) has the effect of the excessive contraction of financial terms that are progressively more distant in time. For this reason, the choice of SDR becomes crucial in the *ex-ante* evaluations of projects with inter-generational environmental implications, the benefits of which often affect generations different from those who bear the costs. A possible solution to this problem can come from the discounting of environmental components to an "ecological" discount rate less than the "economic" one, the latter useful to evaluate the financial cash flows. With this paper, we intend to define a probabilistic model to estimate the declining function of the two rates, the economic and the ecological, taking into account the correlation between consumption and environmental quality. The estimate conducted for Italy demonstrates the implications that such a model has on the entire environmental decision-making process.

KEY WORDS: *Economic Evaluation of Projects, Ecological Discounting, Economic Discounting, Declining Discount Rate.*

1. Introduzione

Le recenti preoccupazioni sul *climate change* conducono sempre più gli analisti a focalizzare l'attenzione sulla corretta valutazione delle esternalità ambientali.

Tra le questioni di maggior rilievo vi è quella del *discounting*, in quanto i saggi di sconto comunemente adoperati nelle analisi economiche tendono a sottostimare benefici e danni ambientali progressivamente più distanti nel tempo [1]. Ciò perché le procedure di sconto convenzionali, ovvero condotte con saggi di attualizzazione *time-invariant*, causano un'accentuata e talvolta inaccettabile contrazione dei valori dei *cash flows* che si producono per le generazioni future [2-6]. Alcuni autori suggeriscono di risolvere la problematica ricorrendo a procedure di attualizzazione iperboliche [7-14]. Ciò induce ad escludere l'impiego di tassi *time-invariant* in favore di saggi *time-de-*

clining, in grado di associare maggiore peso ad eventi con effetti a lungo termine. Due sono gli approcci che la letteratura propone per la stima di saggi *time-declining*: il *Consumption-Based Approach*, che si avvale della formula di Ramsey; l'*Expected Net Present Value Approach* (ENPV).

Per entrambi, il presupposto teorico che definisce l'andamento declinante consiste nell'inclusione di un fattore di incertezza nella struttura temporale del saggio sociale di sconto [7]. Se per il *Consumption-Based Approach* l'incertezza riguarda il tasso di crescita del consumo, nell'ENPV è lo stesso saggio di sconto ad essere modellato come incerto.

Altri studiosi, invece, per l'attualizzazione delle componenti ambientali propongono un saggio "ecologico" minore di quello "economico", quest'ultimo utile a valutare i *cash flow* strettamente finanziari [1, 15-18].

* Il documento nella sua interezza è frutto del lavoro congiunto dei due autori, ai quali il paper è da attribuire in parti uguali.

Solitamente, il tasso di attualizzazione coincide con il tasso al quale la società è disposta a post-porre un'unità di consumo corrente per ottenere maggiori consumi in seguito. Si assume cioè che le future generazioni siano più ricche di quelle attuali per cui, per il principio dell'utilità marginale decrescente, un'unità incrementale di consumo oggi vale più che domani.

Tuttavia, le odierne azioni politiche determinano sempre più spesso impatti maggiori sull'ambiente - tra gli altri, emissioni di gas serra, incremento delle temperature, riduzione della biodiversità - piuttosto che sul consumo futuro. Da qui la necessità di definire un tasso di sconto ecologico che tenga conto della correlazione tra beni ambientali e beni di consumo [1, 15].

Scopo di questa ricerca è innanzitutto mostrare i vantaggi derivanti dall'impiego di un saggio di sconto ecologico minore di quello economico, quindi definire un modello per stimare la funzione declinante dei due saggi. Alla luce dei limiti propri dei protocolli di letteratura, nonché in funzione di esigenze legate alla semplice implementazione degli strumenti di valutazione, il modello è strutturato su algoritmi a logica probabilistica.

La successiva sezione 2 fornisce il quadro teorico sugli approcci tradizionalmente utilizzati per l'*economic* e per l'*ecological discounting*. Nella sezione 3, sono esposti gli step logico-operativi su cui si basa il modello probabilistico proposto. Nella 4 il modello è implementato per stimare il DDR ecologico ed il DDR economico per l'Italia. L'ultima sezione riporta conclusioni e prospettive di ricerca.

2. L'attualizzazione degli effetti ambientali e delle ricadute finanziarie del progetto: *review* della letteratura

Il *Social Discount Rate* è stimato generalmente secondo la logica del *Social Rate of Time Preference* (SRTP).

Tale approccio riflette il punto di vista del consumatore, il quale preferisce ricevere lo stesso ammontare di beni e servizi prima piuttosto che dopo. Ciò significa che i consumatori generalmente sono "impazienti" o "miopi" a causa del rischio di non essere vivi in futuro e, per tale ragione, tendono ad attribuire maggiore peso ai consumi attuali [19].

In estrema sintesi, l'ipotesi alla base dell'SRTP è che il benessere della società sia funzione dell'utilità del solo consumo $U(c)$. Assumendo poi che $U(c)$ sia iso-elastica, cioè che l'elasticità dell'utilità marginale del consumo sia costante, allora il tasso di sconto r può stimarsi tramite la formula di Ramsey:

$$r = \delta + \gamma \cdot g \quad (1)$$

Dove:

- δ è il tasso di preferenza temporale, che riflette l'importanza che la società attribuisce al benessere

della generazione attuale rispetto a quello della generazione futura;

- γ è l'elasticità dell'utilità marginale del consumo, inteso come parametro di avversione del *social planner*, o più in generale del Governo, verso la disparità dei redditi;

- g è il tasso di crescita del consumo.

Se si suppone che il registro del consumo segua un moto browniano con trend $\mu(\theta)$ e volatilità $\sigma(\theta)$ con θ parametro incerto nel tempo, allora la funzione (1) del saggio di sconto r è declinante nel tempo. Ad esempio, ipotizzando che la media $\mu(\theta)$ del tasso di crescita del consumo sia incerta, la (1) diventa:

$$r_t = -\frac{1}{t} \ln \sum_{\theta=1}^n q_{\theta} e^{(-\gamma \mu_{\theta})t} - 0,5 \gamma^2 \sigma^2 \quad (2)$$

in cui $\sum q_{\theta} = 1$, con q_{θ} probabilità che il parametro μ associato all'incertezza ha di verificarsi.

L'impiego di saggi di sconto declinanti permette di attribuire maggior "peso" a tutti i *cash flow* - finanziari ed extra-finanziari - lontani nel tempo che finirebbero per essere eccessivamente sottostimati con attualizzazione a tasso costante. Tuttavia, quando occorre esprimere un giudizio di *performance* economica su iniziative d'investimento con impatti multidimensionali, può essere d'interesse differenziare il *discounting* delle ricadute ambientali da quello degli effetti esclusivamente finanziari.

In proposito, si è detto che gli attuali programmi d'investimento generano sempre più spesso effetti maggiori sull'ambiente che sui consumi futuri. In tale prospettiva, alcuni studiosi suggeriscono di stimare un saggio di sconto ecologico diverso dal saggio di sconto economico [1, 15-18]. Ciò può farsi ipotizzando che:

1. l'ambiente si deteriori nel tempo, per cui un miglioramento incrementale della qualità ambientale sarà più prezioso per le generazioni future che per quelle attuali;
2. l'utilità o "felicità" della società $U(c_{1t}, c_{2t})$ dipenda da due determinanti o "beni", il consumo c_{1t} e la qualità ambientale c_{2t} . La disponibilità dei due beni varia nel tempo;
3. la funzione di utilità $U(c_{1t}, c_{2t})$ sia di tipo Cobb-Douglas, crescente e concava;
4. la qualità ambientale è un parziale sostituto del consumo. In particolare, ipotizzando una sostituibilità limitata, l'effetto di deterioramento ambientale domina la crescita economica;
5. la qualità ambientale cresca meno rapidamente del consumo.

In tali condizioni, il benessere sociale intertemporale è misurato dal valore attualizzato del flusso di felicità attesa:

$$\sum_{t=0} e^{-\delta t} EU(c_{1t}, c_{2t}) \quad (3)$$

Se i parametri c_{1t} e c_{2t} sono noti, se seguono un moto Browniano geometrico e se sono tra loro correlati da una funzione deterministica del tipo $c_{2t} = f(c_{1t})$, allora derivando $U(c_{1t}, c_{2t})$ rispetto al consumo c_{1t} l'equazione che descrive il saggio di sconto economico r_{1t} è:

$$r_{1t} = \delta + [\gamma_1 + \rho(\gamma_2 - 1)] \cdot [g_{1t} - 0.5(1 + \gamma_1\rho(\gamma_2 - 1)) \cdot \sigma_{11}] \quad (4)$$

Derivando invece $U(c_{1t}, c_{2t})$ rispetto alla qualità ambientale c_{2t} si ha la funzione del saggio di sconto "ecologico" r_{2t} :

$$r_{2t} = \delta + [\rho(\gamma_2 + \gamma_1 - 1)] \cdot [g_{1t} - 0.5(\rho\gamma_2 + \gamma_1)] \cdot \sigma_{11} \quad (5)$$

Con riferimento alla [4] e alla [5]:

- δ è il tasso di preferenza temporale;
- γ_1 il parametro di avversione al rischio di disparità dei redditi;
- γ_2 il grado di avversione al rischio ambientale;
- g_1 il tasso di crescita del consumo;
- σ_{11} l'incertezza del tasso di crescita del consumo in termini di scarto quadratico medio della variabile;
- ρ l'elasticità della qualità ambientale ai cambiamenti del tasso di crescita del consumo g_{1t} .

Nelle ipotesi specificate, come mostrano le equazioni [4] e [5], si ottiene una struttura piatta - *flat structure* - dei due saggi economico ed ecologico. Se si considerano incerti i parametri che governano la crescita economica e la variazione della qualità ambientale, allora si ottiene una struttura del saggio di sconto economico ed ecologico declinante nel tempo.

Molteplici sono i modelli econometrici riconosciuti in letteratura utili a stimare i parametri incerti della [4] e della [5], ovvero g_{1t} , σ_{11} e ρ che definiscono la struttura del saggio declinante nel tempo t . Tuttavia, la complessità insita in alcuni di essi nonché la difficoltà di reperire i dati utili alla valutazione, rendono la stima del DDR non sempre agevole. Ragion per cui sono ancora pochi i Governi che ricorrono a saggi *time-declining* negli studi di fattibilità di progetti inter-generazionali, ovvero quelli in cui la generazione che ne riceve i benefici è differente da quella che si accolla i costi.

Inoltre, le recenti preoccupazioni politiche sullo sviluppo sostenibile rendono di sicuro interesse la possibilità di valutare distintamente le esternalità ambientali e i flussi di cassa finanziari. Ciò utilizzando saggi di sconto economici maggiori rispetto a quelli ecologici. Così, obiettivo di questo lavoro è caratterizzare un modello per la stima dei due saggi - quello economico e quello ecologico - che, pur rispettando i principi teorici proposti in letteratura, sia di semplice impiego per l'operatore economico.

3. Caratterizzazione di un modello probabilistico per la stima del saggio di sconto economico e del saggio di sconto ecologico

L'idea è di assumere il tasso di crescita del consumo g_{1t} nella [4] e nella [5] come variabile incerta nel periodo d'analisi. Ciò significa associare al valore futuro incerto di g_1 una distribuzione di probabilità desunta dall'analisi del trend storico di g_t .

Operativamente, il primo step coincide con la stima dei parametri certi delle formule [4] e [5]. δ riflette l'importanza che la società attribuisce al benessere della generazione attuale rispetto a quello della generazione futura. In particolare, δ è somma di due contributi: il saggio di sconto l basato sulla mortalità ed il saggio di preferenza temporale pura r . Poiché gli individui scontano razionalmente l'utilità futura in base alla probabilità di essere vivi al momento della decisione, l coincide con il tasso di mortalità medio. Il saggio r è positivo e riflette il comportamento irrazionale degli individui nelle scelte sulla distribuzione delle risorse nel tempo. Dalla letteratura si desumono valori $0 < r < 0,5\%$ [19-21].

L'elasticità γ_1 dell'utilità marginale del consumo è stimata implementando la formula proposta sia da Stern [22] che da Cowell e al. [23]:

$$\gamma_1 = \frac{\log(1-t)}{\log(1-\frac{T}{Y})} \quad (6)$$

dove t è l'aliquota marginale d'imposta; T/Y è l'aliquota media d'imposta, rapporto tra l'ammontare complessivo delle imposte sul reddito e il reddito tassabile al lordo delle imposte.

Il grado di avversione al rischio ambientale γ_2 non è facile da valutare. Gollier [1, 15] osserva che la quota delle spese di consumo da destinare alla qualità ambientale è data dalla seguente formula:

$$\gamma^* = \frac{\gamma_2 - 1}{\gamma_1 + \gamma_2 - 2} \quad (7)$$

Il valore di γ_2 nella [9] può essere ricavato considerando che $10\% < \gamma^* < 50\%$ [24, 25].

Infine, la calibrazione del parametro ρ dipende da come la qualità ambientale è definita.

Gollier descrive quest'ultima come la percentuale di superficie totale coperta (includendo le acque interne) con elevato impatto antropogenico. Così ρ esprime la sensibilità della qualità ambientale c_2 ai cambiamenti del consumo c_1 , quest'ultimo approssimato al PIL pro-capite [1, 15]. In questa ricerca, la qualità ambientale c_2 è definita in funzione dell'*Environmental Sustainability Index* (ESI) definito dal *Yale Center for Environmental Law and Policy*. L'ESI è un indice composito che, attraverso 21 indicatori di performance ambientale, sintetizza la capacità di 146 nazioni di preservare l'ambiente. Si consideri c_1 pari al

PIL pro-capite di un Paese e c_2 il relativo ESI. Dalla correlazione tra i due parametri deriva il valore ρ che rappresenta l'inclinazione della retta:

$$\ln c_2 = x + \rho \cdot \ln c_1 + \varepsilon \quad (8)$$

dove x è l'intercetta della retta sull'asse y e ε l'errore statistico della regressione.

Secondo step dell'analisi consiste nel derivare la distribuzione di probabilità che meglio approssima la serie storica di g_I . Da quest'ultima poi, tramite l'analisi Montecarlo, è possibile prevedere tutti i probabili valori che i saggi r_1 e r_2 possono assumere.

Terza fase è determinare, a partire dalle distribuzioni di probabilità individuate allo step precedente, i valori dei saggi r_1 e r_2 per ognuno degli n anni del periodo d'analisi. Qui il riferimento è alla logica dell'*ENPV Approach*, secondo la quale stimare l'*ENPV* con un tasso di sconto incerto, ma costante, equivale a computare l'*NPV* con un saggio certo, ma che decresce con un "equivalente di certezza" fino a raggiungere il minimo valore possibile al tempo $t = \infty$. In accordo a tale approccio, si passa dai due saggi di sconto r_1 e r_2 incerti e costanti, che coincidono con il valore atteso delle distribuzioni di probabilità allo step 2, a saggi certi ma decrescenti, con un "equivalente di certezza" [9-11].

Il passaggio dal saggio di sconto incerto e costante al saggio certo ma decrescente, con un "equivalente di certezza", impone innanzitutto di stimare i fattori di sconto economici $E_1(P_t)$ ed ecologici $E_2(P_t)$ per ogni istante futuro t . $E_1(P_t)$ e $E_2(P_t)$ sono espressi rispettivamente dalle relazioni:

$$E_1(P_t) = E_1 \left[\sum_{i=1}^m p_{r1i} \cdot e^{(-r_{1i} t)} \right] \quad (9)$$

$$E_2(P_t) = E_2 \left[\sum_{i=1}^m p_{r2i} \cdot e^{(-r_{2i} t)} \right] \quad (10)$$

dove:

r_{1i} = valore dell' i -esimo saggio di sconto economico, come risulta dalla distribuzione di probabilità di r_1 derivata dalla formula (4) con g_I variabile incerta;

p_{1i} = probabilità che l' i -esimo valore del saggio economico r_1 ha di verificarsi;

r_{2i} = valore dell' i -esimo saggio di sconto ecologico, come risulta dalla distribuzione di probabilità di r_2 derivata dalla formula (5) con g_I variabile incerta;

p_{2i} = probabilità che l' i -esimo valore del saggio ecologico r_2 ha di verificarsi;

t = variabile temporale;

m = numero di intervalli in cui le funzioni di probabilità di r_1 e r_2 sono discretizzate.

Ottenute le sequenze temporali dei fattori di sconto economico ed ecologico, ultimo passaggio coincide con la stima del saggio di sconto economico declinante \tilde{r}_{1t} e del saggio di sconto ecologico declinante \tilde{r}_{2t} :

$$\frac{E_1(P_t)}{E_1(P_{t+1})} - 1 = \tilde{r}_{1t} \quad (11)$$

$$\frac{E_2(P_t)}{E_2(P_{t+1})} - 1 = \tilde{r}_{2t} \quad (12)$$

La figura (vedi Fig. 1) sintetizza gli step logico-operativi del modello per la stima di \tilde{r}_{1t} e \tilde{r}_{2t} .

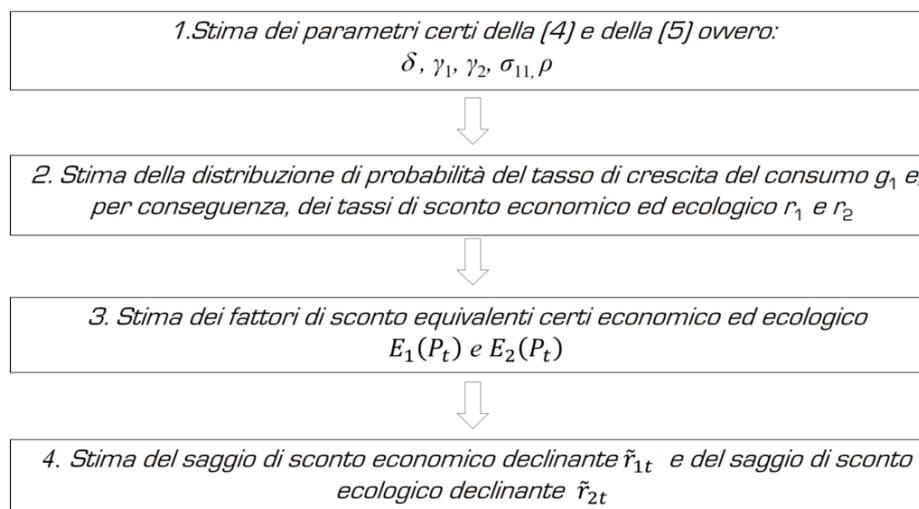


Fig. 1 - Fasi logico-operative del modello per la stima di \tilde{r}_{1t} e \tilde{r}_{2t} .
(fonte: propria elaborazione)

4. Saggi di sconto: una stima per l'Italia

Il modello per la stima del saggio di sconto economico \tilde{r}_{1t} e di quello ecologico \tilde{r}_{2t} , sintetizzato nella figura (vedi Fig. 1), è applicato ai dati dell'economia italiana.

Di seguito si sintetizzano i dati utili a valutare le distribuzioni di probabilità di r_1 e di r_2 . δ è dato dalla somma di due aliquote: l , stimato sulla base dei tassi di mortalità dell'Italia forniti dall'ISTAT e dalla *World Bank* per il periodo 1989-2018; r , a cui si attribuisce un valore pari allo 0,3% per non creare eccessiva disparità di trattamento tra la generazione attuale e quella futura.

L'implementazione della (6) restituisce l'elasticità dell'utilità marginale del consumo γ_1 . In tal caso, il database di riferimento è quello dell'*Organization for Economic Cooperation and Development Countries* (OECD) che fornisce le aliquote marginali t e medie T/Y di tassazione individuale sul reddito per diversi multipli (67%, 100%, 133%, 167%) del salario medio. Il valore di γ_2 è invece ricavato dalla (7) assumendo $\gamma^* = 30\%$.

Il parametro ρ sintetizza la sensibilità della qualità ambientale c_2 [espressa tramite l'indice *Environmental Sustainability Index* - ESI] alle variazioni del consumo c_1 , con c_1 è approssimato al PIL pro-capite. I valori più recenti dell'indice, ovvero quelli del 2005, sono messi in correlazione per 146 Paesi con i rispettivi PIL pro-capite dell'anno 2005. La figura (vedi Fig. 2) sintetizza il risultato dell'analisi di regressione espressa dalla (8), in cui ρ coincide con la pendenza della retta ed è pari a 0,04.

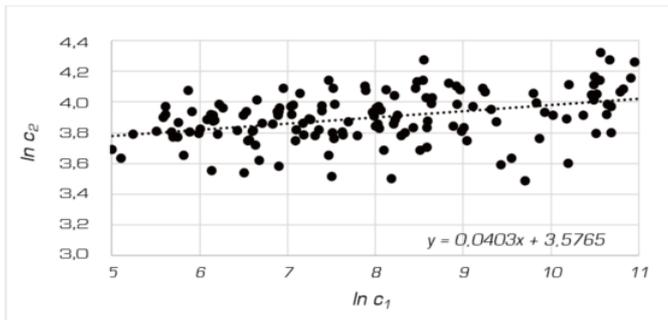


Fig. 2 - Analisi di regressione lineare per la stima di ρ .
(fonte: propria elaborazione)

L'analisi del trend storico del tasso di crescita del PIL relativo al quarantennio 1979-2018 rende possibile dapprima valutare la distribuzione di probabilità di g_1 poi quelle dei saggi di sconto economico r_1 ed ecologico r_2 . Ripercorrendo gli step 3 e 4 del modello, è possibile passare da r_1 ed r_2 ai saggi di sconto declinanti economico \tilde{r}_{1t} ed ecologico \tilde{r}_{2t} . In sintesi, le elaborazioni condotte restituiscono per l'Italia:

- un saggio di sconto economico \tilde{r}_{1t} che parte da un valore iniziale di 3,3% per raggiungere dopo 300 anni il valore finale dello 0,65%;
- un saggio di sconto ecologico \tilde{r}_{2t} sensibilmente minore di quello economico \tilde{r}_{1t} . Infatti, \tilde{r}_{2t} parte da un valore di 1,62% al tempo $t = 0$ per attestarsi attorno

allo 0,32% alla fine del periodo di analisi.

La figura (vedi Fig. 3) sintetizza i risultati.

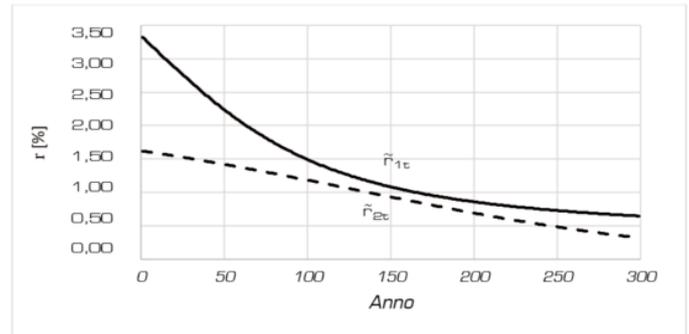


Fig. 3 - Funzione declinante dei saggi di sconto economico \tilde{r}_{1t} ed ecologico \tilde{r}_{2t} per l'Italia.
(fonte: propria elaborazione)

5. Conclusioni

Per la valutazione economica di investimenti per lo sviluppo sostenibile, è necessario attribuire giusto "peso" alla totalità dei costi e dei benefici ingenerati dalle iniziative, ricomprendendo pure gli effetti progressivamente più distanti nel tempo [26-30].

Ragion per cui è cruciale la scelta del *Social Discount Rate* (SDR), il cui valore influenza sensibilmente il risultato della Analisi Costi-Benefici. Alcuni studiosi propongono di attualizzare gli effetti economici di progetti inter-generazionali ricorrendo a saggi di sconto declinante nel tempo (DDR, *Declining Discount Rate*) al fine di evitare un'eccessiva contrazione dei *cash flow* più distanti nel tempo [6-14]. Altri ritengono di dover anche distinguere tra un saggio economico per il *discounting* dei termini strettamente finanziari e un saggio ecologico per le esternalità ambientali [1, 15-17]. Ciò può farsi considerando che la funzione di utilità dipenda non solo dal consumo, ma anche dalla qualità ambientale e che tali variabili siano strettamente correlate.

È in tale *framework* che si colloca questa ricerca, il cui obiettivo è caratterizzare un modello di stima del DDR economico e del DDR ecologico basato su algoritmi probabilistici. Il tentativo è di definire uno strumento che sia di semplice impiego, ancorché ancorato a principi di indiscutibile validità teorica. L'applicazione del modello all'economia italiana restituisce: un tasso di sconto economico che parte da un valore del 3,3% al tempo $t = 0$ per attestarsi intorno allo 0,65% dopo 300 anni; un tasso ecologico al tempo $t = 0$ pari all'1,62% che declina fino al valore dello 0,32% al termine del periodo di analisi.

Dunque, la maggiore incertezza correlata alla qualità ambientale, piuttosto che all'evoluzione dell'economia, conduce ad un saggio di sconto ecologico minore di quello economico. Il che dimostra che nelle Analisi Costi-Benefici deve essere attribuito maggior peso alle componenti ambientali progressivamente più distanti dal momento della valutazione, rispetto a quelle strettamente finanziarie.

Ciò con rilevanti implicazioni politiche sul processo di allocazione delle risorse pubbliche da de-stinare a progetti ambientali.

Bibliografia

- [1] Gollier C., *Ecological discounting*. In: Journal of Economic Theory 145, pp. 812 - 829, 2010
- [2] Battisti F., Campo O., *A methodology for determining the profitability index of real estate initiatives involving public-private partnerships. A case study: The integrated inter-vention programs in Rome*. In: Sustainability, vol. 11(5), 1371, 2019
- [3] D'Alpaos C., Marella G., *Urban planning and option values*. In: Applied Mathematical Sciences, vol. 8(157-160), pp. 7845 - 7864, 2014
- [4] Morano P., Tajani F., *Estimative analysis of a segment of the bare ownership market of residential property*. In: Murgante B. et al. (eds.): ICCSA 2013: 13th International Conference, vol. 7974, pp. 433 - 443. Springer, Heidelberg, 2013
- [5] Nesticò A., He S., De Mare G., Benintendi R., Maselli G., *The ALARP Principle in the Cost-Benefit Analysis for the Acceptability of Investment Risk*. In: Sustainability, vol. 10(12), 4668, 2018
- [6] Nesticò A., Maselli G., *Intergenerational discounting in the economic evaluation of projects*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds.): New Metropolitan Perspectives. ISHT 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol. 101, pp. 260 - 268, Springer, Cham, 2019
- [7] Newell R.G., Pizer W.A., *Discounting the Distant Future: How Much Do Uncertain Rates Increase Valuations?*. In: Journal of Environmental Economics and Management, vol. 46(1), pp. 52 - 71, 2003
- [8] Arrow K.J., Maureen L., Cropper C.G., Groom B., Heal G.M., Newell R.G., Nordhaus, W.D., *How Should Benefits and Costs Be Discounted in an Intergenerational Context? The Views of an Expert Panel*. In: Resources for the Future Discussion Paper, pp. 12 - 53, 2013
- [9] Weitzman M., *On the Environmental Discount Rate*. In: Journal of Environmental Economics and Management, vol. 26(2), pp. 200 - 209, 1994
- [10] Weitzman M., *Why the Far-Distant Future Should be Discounted at its Lowest Possible Rate*. In: Journal of Environmental Economics and Management, vol. 36(3), pp. 201 - 208, 1998
- [11] Weitzman M., *Gamma Discounting*. In: American Economic Review, vol. 91(1), pp. 261 - 271, 2001
- [12] Henderson N., Langford I., *Cross-Disciplinary Evidence for Hyperbolic Social Discount Rates*. In: Management Science, vol. 44(11), pp. 1493 - 1500, 1998
- [13] Nesticò A., Maselli G., *Estimating the declining discount rate in the economic evaluation of projects in the energy and water sectors*. In: Frontiers in Water-Energy-Nexus – Solutions, Advanced Technologies and Best Practices for Environmental Sustainability, pp. 17 - 20, Springer Nature, Heidelberg, 2018
- [14] Cropper M.L., Laibson D., *The Implications of Hyperbolic Discounting for Project Evaluation*. World Bank Policy Research Working Paper Series 1943, Washington, DC, 1998
- [15] Gollier C., *Pricing the Planet's Future: The Economics of Discounting in an Uncertain World*. Princeton University Press. New Jersey, US, 2011
- [16] Weikard H.P., Zhu X., *Discounting and environmental quality: When should dual rates be used?*. In: Economic Modelling, vol. 22(5), pp. 868 - 878, 2005
- [17] Müller F.G., *The Discounting Confusion: An Ecological Economics Perspective*. In: Economia, vol. 36 (71), pp. 57 - 74, 2013
- [18] Nesticò A., Maselli G., *Declining discount rate estimate in the long-term economic evaluation of environmental projects*. In: Journal of Environmental Accounting and Management, vol. 8(1), pp. 93 - 110, 2020
- [19] Dasgupta A. Pearce D., *Cost-Benefit Analysis*. Palgrave Macmillan, UK, 1972
- [20] Pearce D., Ulph D., *A social Discount Rate for United Kingdom*. In: Pearce D. (eds.): Environmental Economics: Essays in Ecological Economics and Sustainable Development, pp. 268 - 285, Edward Elgar, Cheltenham, 1999
- [21] Evans D.J., Kula E., *Social Discount Rates and Welfare Weights for Public Investment Decisions under Budgetary Restrictions: The Case of Cyprus*. VIII Milan European Eco-nomic Workshop, University of Milan, Working Paper, n. 19, 2009
- [22] Stern N., *Welfare Weights and the Elasticity of Marginal Utility of Income*. In: Artis M., Norbay R. (eds.): Proceedings of the Annual Conference of the Association of University Teachers of Economics in Blackwell, Oxford, 1977
- [23] Cowell F.A., Karen A.G., *Welfare Weights*. STICERD Research Paper, n. 20. London School of Economics, London, 1999
- [24] Hoel M., Sterner T., *Discounting and relative prices*. In: Climatic Change, n. 84, pp. 265 - 280, 2007
- [25] Sterner T., Persson M., *An Even Sterner Report: Introducing Relative Prices into the Discounting Debate*. In: Review of Environmental Economics and Policy, vol. 2(1), pp. 71 - 76, 2008
- [26] Nesticò A., Maselli G., *Sustainability indicators for the economic evaluation of tourism investments on islands*. In: Journal of Cleaner Production, n. 248, 119217, 2020
- [27] Nesticò A., Moffa R., *Economic analysis and Operational Research tools for estimating productivity levels in off-site construction*. In: Valori e Valutazioni, n. 20, pp. 107 - 126, 2018
- [28] Calabrò F., Tramontana C., Cassalia G., Rizzuto M.C.: *Economic Sustainability in the Management of Archaeological Sites: The Case of Bova Marina (Reggio Calabria, Italy)*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C., (eds.): New Metropolitan Perspectives, ISHT 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol. 101, pp. 288 - 297, Springer, Cham, 2019
- [29] Troisi R., Alfano G., *Towns as Safety Organizational Fields: An Institutional Frame-work in Times of Emergency*. In: Sustainability, vol.11(24), 7025, 2019
- [30] Della Spina L., *A multilevel integrated approach to designing complex urban scenarios in support of strategic planning and urban regeneration*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C., (eds.): New Metropolitan Perspectives, ISHT 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol. 100, pp. 226 - 237, Springer, Cham, 2019

