

\\ 240 \\

2/10/98

**Una nota sui fondamenti matematico-finanziari
della teoria delle aspettative della
struttura per scadenza**

di

Costanza Torricelli*
Gianluca Di Lorenzo

Luglio 1998

* Università degli Studi di Modena
Dipartimento di Economia Politica
Viale Berengario, 51
41100 Modena (Italia)
e-mail: torricelli@unimo.it



Copia n. 583016

CLL.088.240

1 * nota sui fondamenti matematico

Sunto

Il rinnovato interesse per la Teoria della Aspettative (TA) della Struttura per Scadenza dei tassi d'interesse e il crescente numero di verifiche empiriche circa la validità della stessa, impongono una riconsiderazione dei fondamenti teorici della TA. A tal fine, il presente lavoro si propone un duplice obiettivo. Il primo è quello di chiarire i fondamenti matematico-finanziari della TA della Struttura per Scadenza dei tassi d'interesse al fine di capire appieno le implicazioni della sempre maggiore mole di lavori empirici sulla Teoria stessa. Il secondo è quello di illustrare le principali versioni della TA e di mostrare a quali condizioni sono tra loro coerenti.

Introduzione

La struttura per scadenza dei tassi di interesse (SPS) è la relazione che sussiste tra il tasso di interesse di titoli a cedola nulla con diversa scadenza e la loro vita residua.¹ L'idea di fondo della Teoria delle Aspettative (TA) della SPS dei tassi d'interesse è che il tasso a lunga scadenza debba essere uguale (a meno di un eventuale premio al rischio) alla media del tasso a breve corrente e dei tassi a breve attesi futuri. Si tratta quindi di uno strumento concettuale volto a *interpretare* la SPS, cioè a spiegare perché, ad un dato istante, essa assume una certa forma piuttosto che un'altra.

Benché l'introduzione di questa ipotesi nella letteratura economica risalga addirittura al secolo scorso col lavoro di Fisher del 1896, è negli ultimi decenni, e soprattutto a partire dagli anni ottanta, che essa è stata oggetto sempre più frequente di studi empirici. I risultati che questi ottengono sono spesso contrastanti, e dipendono in modo cruciale dal paese e dal periodo storico che essi considerano: in generale, e non senza qualche eccessiva semplificazione, si può dire che la TA sembra una migliore descrizione della realtà quando si considerano paesi diversi dagli USA.

Al fine di spiegare risultati tanto diversi, la letteratura ha avanzato tre principali spiegazioni dell'eventuale fallimento della TA. La prima chiama in causa la presenza di premi al rischio variabili nel tempo: l'elemento "aspettativa" sarebbe cioè secondario rispetto a quello del "rischio" nello spiegare i mutamenti della SPS nel tempo (ad es. Boero-Madjlessi-Torricelli(1995), Tzavalis-Wickens(1997)). La seconda mette drasticamente in dubbio l'ipotesi di aspettative razionali degli investitori, e avanza l'idea che questi reagiscano in modo eccessivo ad aspettative di rialzo o di ribasso dei tassi a breve futuri (ad es. Hardouvelis(1994)). Infine, la linea di indagine più recente è quella che spiega le diverse performance della TA, prendendo in considerazione le diverse caratteristiche istituzionali di politica monetaria presenti nei diversi paesi (ad es. Mankiw-Miron(1986), McCallum(1994), Rudebusch(1995)).

Tuttavia, i lavori citati prescindono da una discussione dei fondamenti matematico-finanziari della TA stessa; il che porta a discutere della validità di una teoria senza in realtà metterne in risalto i punti di partenza e i limiti concettuali. Più precisamente, dimostreremo che la letteratura empirica sulla TA si concentra su una particolare formulazione della teoria stessa: quella in termini logaritmici, nella versione con premio al rischio costante che, come verrà chiarito nel presente lavoro, è solo una delle tre versioni in cui si può enunciare la TA. Peraltro, la scelta di una

¹ Data l'incompletezza del mercato in termini di titoli a cedola nulla, ai fini applicativi si impone il ricorso a metodi di stima basati peraltro sull'utilizzo di titoli con cedola. Poiché il presente lavoro ha un taglio puramente teorico, nel seguito ci si riferisce esclusivamente a titoli a cedola nulla. Per una discussione del problema della stima della SPS si veda ad es. Anderson et al.(1997), Moriconi(1994)

particolare formulazione della TA implica una determinata scelta circa la serie storica di riferimento (ovvero tassi di interesse piuttosto che intensità istantanee o medie di interesse).

Il presente lavoro è organizzato nel seguente modo. Nella sezione 1, si introduce brevemente la distinzione, spesso scontata nella letteratura anglosassone fra tassi e intensità d'interesse. Nella sezione 2, si illustrano le tre diverse formulazioni della teoria della pura aspettativa (TPA), versione della TA che prescinde da considerazioni sul rischio. Infine nella sezione 3 si dimostra a quali condizioni le tre formulazioni della TA sono reciprocamente coerenti.

1. Tasso d'interesse e intensità d'interesse

La prima distinzione necessaria per poter capire appieno la differenza fra le diverse formulazioni della TA, che verrà presentata nella prossima sezione, è quella fra il concetto di tasso d'interesse e di intensità d'interesse. Infatti, il concetto di intensità di interesse deve essere introdotto quando si considera uno scadenziario definito sul tempo continuo; il quale, a sua volta è il presupposto per la formulazione della TA in termini logaritmici.

In uno scadenziario periodico il *tasso d'interesse a pronti* (o *tasso spot*) è il rapporto fra l'interesse maturato nel periodo e il valore nell'istante iniziale di una unità monetaria, cioè:

$$r(t, t+k) = [1/v(t, t+k)]^{1/k} - 1 \quad (1)$$

dove $v(t, t+k)$ rappresenta il prezzo a pronti, al prefissato istante di valutazione t , di un titolo a cedola nulla (TCN) con scadenza in $t+k$. e valore di rimborso unitario.

Il *tasso di interesse a termine* (o *tasso forward*), $r(t, t+k-1, t+k)$, è il tasso in vigore all'istante t , per un investimento uniperiodale con scadenza all'istante $t+k$. Pertanto, utilizzando la (1), è immediato dimostrare che la relazione fra tasso d'interesse a pronti e tasso a termine è data dalla seguente formula:

$$1+r(t, t+k-1, t+k) = [1+r(t, t+k)]^k / [1+r(t, t+k-1)]^{k-1}. \quad (2)$$

Passando ad uno scadenziario continuo, la (1) diventa:

$$r(t, s) = [1/v(t, s)]^{1/s-t} - 1. \quad s \in (t, +\infty) \quad (3)$$

Tuttavia, in uno scadenziario continuo è più opportuno parlare di *SPS delle intensità istantanee di interesse*, visto che i tassi a termine di durata infinitesima $r(t, s, s+ds)$ non possono che essere tutti nulli².

Per ogni $s \geq t$, si definisce *intensità istantanea di interesse* il limite cui tende il rapporto fra tasso a termine di durata infinitesima e il tempo infinitesimo τ :

$$\delta(t, s) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \left[\frac{r(t, s, s+\tau)}{\tau} \right] \quad (4)$$

$$\delta(t, s) = -\frac{1}{v(t, s)} \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{v(t, s, s+\tau) - v(t, s)}{\tau} = -\frac{v'_s(t, s)}{v(t, s)} \quad (5)$$

dove $v(t, s, s+\tau)$ rappresenta il prezzo a termine, al tempo t , di un titolo a cedola nulla con durata infinitesima e scadenza in $s+\tau$.

La (5) esprime l'intensità istantanea d'interesse come il rapporto fra la derivata della funzione di sconto e la funzione di sconto stessa³. Si tratta quindi di una semielasticità: ciò significa che $\delta(t, s)$ rappresenta il tasso di diminuzione della funzione di sconto al tempo t , o- il che è lo stesso- il tasso di crescita della funzione montante. Ne consegue che l'andamento di $\delta(t, s)$ è la descrizione più efficace ed accurata delle condizioni del mercato per scadenza al tempo t .

Risolvendo l'equazione differenziale (5) con la condizione al contorno $v(t, t)=1$ si ottiene:

$$v(t, s) = \exp\left(-\int_t^s \delta(t, u) du\right) \quad (6)$$

che combinata con la (3) fornisce l'equazione del tasso spot in funzione dell'intensità istantanea di interesse:

$$r(t, s) = \exp\left(\frac{1}{s-t} \int_t^s \delta(t, u) du\right) - 1. \quad (7)$$

² Infatti, applicando la (2) ad uno scadenziario continuo si avrebbe che: $1+r(t, s, s+ds) = [1+r(t, s, s+ds)]^{ds} = 1$, per $ds \rightarrow 0$.

Dove l'espressione all'esponente rappresenta l'intensità media d'interesse, ovvero il valore medio di $\delta(t,u)$ fra l'istante di valutazione t ed s^4 ; cioè:

$$y(t,s) \equiv \frac{1}{s-t} \int_t^s \delta(t,u) du. \quad (8)$$

Infine, cambiando gli estremi di integrazione nella (7), si può ottenere l'espressione dei tassi a termine:

$$r(t,T,s) = \exp\left[-\frac{1}{s-T} \int_T^s \delta(t,u) du\right] - 1. \quad (9)$$

2. Le tre diverse formulazioni della teoria della pura aspettativa

Tradizionalmente, si distinguono due tipi di teorie delle aspettative: la versione cosiddetta "pura" (TPA: teoria della pura aspettativa), e la versione più generale, (che sarà indicata dall'acronimo TA). L'elemento che le differenzia è il diverso tipo di ipotesi che le due teorie fanno riguardo al comportamento nei confronti del rischio da parte degli investitori: neutrali al rischio secondo la prima, avversi al rischio secondo l'altra.

Premesso che il concetto di equilibrio sottostante la TA è quello di assenza di arbitraggio, la versione pura della teoria delle aspettative può essere formulata in vari modi, a seconda dell'orizzonte temporale di riferimento. Nel seguito di questa sezione si illustrano, nell'ordine, la versione uniperiodale, quella n-periodale e quella logaritmica.

TPA - Versione uniperiodale

La versione uniperiodale della TPA impone l'uguaglianza tra i rendimenti attesi che si ottengono in un periodo, investendo in un TCN a scadenza uniperiodale ovvero in un TCN a scadenza n-periodale:

$$[1+r(t,t+1)] = E_t[1+H_n(t,t+1)] \quad (10)$$

³ La (5) può anche essere scritta così: $\delta(t,s) = -\partial \log v(t,s) / \partial s$,

⁴ L'intensità media d'interesse, $y(t,s) = (1/s-t) \int_t^s \delta(t,u) du = \log(1+r(t,s))$, è denominata in gran parte della letteratura (ad.es.: Svensson (1994), Shiller (1990), McCulloch (1971)) come tasso spot; mentre la funzione $\delta(t,u)$ prende spesso il nome di tasso forward istantaneo. Fra le due, infatti, interviene la stessa relazione che sussiste fra tasso spot e tasso a

dove $H_n(t,t+1)$ è l'*holding period return*, cioè il tasso di rendimento che si ottiene detenendo solo per un periodo un TCN con scadenza n-periodale, ed è definito come segue:

$$E_t[1+H_n(t,t+1)] = [1+r(t,t+n)]^n E_t[(1+r(t+1,t+n))^{-(n-1)}],$$

per cui la (10) può esser così riscritta:

$$[1+r(t,t+1)] = [1+r(t,t+n)]^n E_t[(1+r(t+1,t+n))^{-(n-1)}], \quad (10')$$

TPA - Versione n-periodale

La seconda formulazione della TPA eguaglia i rendimenti attesi che si ottengono in un orizzonte di n periodi, investendo in un TCN n-periodale ovvero in n TCN uniperiodali (strategia di *rolling-over*):

$$[1+r(t,t+n)]^n = E_t[(1+r(t,t+1))(1+r(t+1,t+2)) \dots (1+r(t+n-1,t+n))]. \quad (11)$$

Tuttavia, dalla (11), discende la seguente:

$$[1+r(t,t+n)]^n = (1+r(t,t+1)) E_t[(1+r(t+1,t+n))^{n-1}], \quad (12)$$

Prima di illustrare la terza versione della TA poniamo a confronto le due versioni ora presentate per valutarne la loro reciproca coerenza. La conclusione di tale confronto può esser sintetizzata nella seguente proposizione.

Proposizione - Incompatibilità tra versione uniperiodale ed n-periodale

La equazione (10') è in contraddizione con la equazione (12).

Dimostrazione

Ricavando dalla (12) $[1+r(t,t+1)]$ e richiamando la disuguaglianza di Jensen, secondo la quale, per ogni variabile casuale X , si ha che: $E(1/X) > 1/E(X)^5$ segue la tesi.

termine nel modello discreto, e fra costo medio e costo marginale in microeconomia.

⁵ In generale la disuguaglianza di Jensen afferma che, per ogni variabile casuale X , se $f(\cdot)$ è una funzione convessa

In sostanza, le due formulazioni della TPA ora presentate non possono valere contemporaneamente, benché a prima vista appaiano coerenti l'una con l'altra. Al fine di meglio analizzare e quantificare tale inconsistenza, assumiamo che i tassi d'interesse siano lognormali ed omoschedastici ed esprimiamo in forma logaritmica le equazioni (10) e (11).

Sulla base di tali ipotesi, si dimostra nell'appendice, che la (10) - ovvero la versione uniperiodale - implica che il logaritmo del rendimento aggiuntivo atteso derivante dall'investimento uniperiodale in un TCN a scadenza n-periodale è:

$$E_t[h_n(t,t+1)-y(t,t+1)] = -(\frac{1}{2}) \text{Var}[h_n(t,t+1)-y(t,t+1)], \quad (13)$$

mentre la (11) - ovvero la versione n-periodale - implica:

$$E_t[h_n(t,t+1)-y(t,t+1)] = (\frac{1}{2}) \text{Var}[h_n(t,t+1)-y(t,t+1)] \quad (14)$$

dove $h_n(t,t+1) \equiv \log[1+H(t,t+1)]$ e $y(t,t+1) \equiv \log[(1+r(t,t+1))]$.

La differenza fra i membri di destra delle due equazioni qui sopra è pari a: $\text{Var}[h_n(t,t+1)-y(t,t+1)]$. Pertanto, sotto le ipotesi fatte, la $\text{Var}[h_n(t,t+1)-y(t,t+1)]$ rappresenta un modo di misurare, anche empiricamente, la disuguaglianza di Jensen ovvero la discrepanza tra le due versioni della TPA.

TPA - Versione logaritmica (LOG TPA)

Tuttavia, la maggior parte delle ricerche empiriche sulla validità della TPA non usano né la forma uniperiodale -eq. (10')- né la forma n-periodale -eq. (11)-, ma una versione logaritmica della (10') (LOG TPA), che implica⁶:

$$E_t[h_n(t,t+1)] = y(t,t+1). \quad (15)$$

ovvero

$$E_t[h_n(t,t+1)-y(t,t+1)] = 0. \quad (15')$$

La (15') suggerisce di interpretare la LOG TPA come un modo di approssimare le due versioni della

TPA viste in precedenza, quando il termine di varianza nelle due equazioni precedenti assume valori modesti.

Ricordando che $y(t,t+1) = \log[1+r(t,t+1)]$ è l'intensità media di interesse, è possibile dimostrare che la TPA implica una precisa relazione fra le intensità medie a lungo termine e le intensità medie a breve attese.

Infatti, dalla (15) riscritta in termini più generali nella forma seguente:

$$E_t[h_s(t,T)] = (T-t)y_t(t,T), \quad (16)$$

e dalla definizione generale di holding period return:

$$E_t[h_s(t,T)] \equiv E_t[\log[v(T,s)/v(t,T)]] = E_t[\log[v(T,s)] - \log[v(t,T)]]$$

che per la (6) implica:

$$E_t[h_s(t,T)] = (s-t)y_t(t,s) - (s-T)E_t[y_t(T,s)]$$

si ha che:

$$(s-t)y_t(t,s) = (T-t)y_t(t,T) + (s-T)E_t[y_t(T,s)] \quad (17)$$

da cui si ottiene che l'intensità di interesse con scadenza n-periodale è uguale alla media delle intensità di interesse a breve attese:

$$y_t(t,t+n) = [y_t(t,t+1) + E_t[y_{t+1}(t+1,t+2)] + E_t[y_{t+2}(t+2,t+3)] + \dots + E_t[y_{t+n-1}(t+n-1,t+n)]]/n \quad (18)$$

La LOG TPA, così come espressa nella (18), riveste una importanza fondamentale nelle analisi empiriche delle TPA basate su semplici regressioni lineari. Infatti è possibile riscrivere la (18) sotto forma di equazione di regressione avente come variabile indipendente lo spread (ovvero il differenziale tra un tasso a lunga e un tasso a breve) e come variabile dipendente la variazione attesa del tasso a breve ovvero, con ulteriori semplificazioni, di quello a lunga.⁷

⁷ Per una discussione dei problemi legati alle regressioni sui tassi a lunga si veda ad es. Boero-Di Lorenzo - Torricelli(1998).

⁶ $Ef(X) > f(E(X))$. Se la $f(\cdot)$ è concava, la disuguaglianza vale nell'altro verso.

⁶ La LOG TPA coincide con la Local Expectation Hypothesis (LEH) di Cox-Ingersoll-Ross(1981).

Riassumendo quanto fin qui discusso, le versioni uni- e n-periodale della TPA, peraltro reciprocamente incoerenti, non rappresentano il quadro teorico di riferimento delle verifiche empiriche della validità della teoria stessa. Tali test vengono infatti effettuati sotto forma di regressioni lineari derivanti dalla (18) e pertanto le serie storiche di riferimento devono essere rappresentate da intensità di interesse. In altre parole, tutti quei lavori nei quali la TA viene testata sotto forma di regressioni lineari rappresentano test della validità della TA nella sua versione logaritmica (LOG TPA).

3. L'introduzione dei premi al rischio

Nella sezione precedente si è dimostrato che per la disuguaglianza di Jensen, le tre formulazioni della TPA- che a prima vista sembrano sottintendere la stessa descrizione della realtà- sono invece reciprocamente incompatibili, ovvero se una delle tre è vera le altre due sono false.

Scopo di questa sezione è dimostrare che, introducendo nelle tre versioni presentate nella sezione II un premio al rischio costante- e facendo opportune ipotesi sulla natura stocastica dei tassi d'interesse-, esse diventano reciprocamente coerenti, nel senso che offrono descrizioni della realtà fra loro compatibili.

Si presentano di seguito le versioni rispettivamente uniperiodale, n-periodale, e logaritmica della TA, con premio al rischio moltiplicativo nei primi due casi e additivo nell'ultimo:

$$(1+r(t,t+1))^\Theta = (1+r(t,t+n))^n E_t [(1+r(t+1,t+n))^{-(n-1)}] \quad (19)$$

$$(1+r(t,t+n))^n = E_t [(1+r(t,t+1))(1+r(t+1,t+2)) \dots (1+r(t+n-1,t+n))] \Omega \quad (20)$$

$$y_t(t,t+n) = [y_t(t,t+1) + E_t [y_{t+1}(t+1,t+2)] + E_t [y_{t+2}(t+2,t+3)] + \dots + E_t [y_{t+n-1}(t+n-1,t+n)]] / n + \phi,$$

quest'ultima, per quanto visto prima, è equivalente alla seguente:

$$(s-t) y_t(t,s) = (T-t) y_t(t,T) + (s-T) E_t [y_t(T,s)] + \phi; \quad (21)$$

dove Θ è un premio al rischio maggiore di 1, Ω è positivo ma può essere sia maggiore che minore di 1, e ϕ può essere sia positivo che negativo.

I premi al rischio considerati, Θ , Ω , e ϕ , sono diversi per il fatto che i rischi impliciti nelle operazioni finanziarie considerate nelle tre formulazioni sono diversi. Infatti- a prescindere da considerazioni sul rischio di insolvenza, e il rischio di inflazione, estranee a questa analisi-, nel caso in cui si consideri un orizzonte temporale uniperiodale, il rischio da considerare è quello di *mercato*, cioè quello dato dall'eventualità che un aumento dei tassi d'interesse (o dei tassi attesi futuri) nel corso del periodo deprima il prezzo del titolo a lunga e implichi un holding period return negativo o molto basso a fine periodo. E' per questa ragione che in un orizzonte uniperiodale, l'investitore a lungo periodo chiederà una remunerazione attesa maggiore dell'investitore a breve.

Nel caso di un orizzonte temporale n-periodale, invece, i rischi da considerare sono due, e agiscono in direzioni opposte. Innanzitutto, c'è il *rischio di reinvestimento* associato alla strategia di rollover dell'investimento: da questo punto di vista, investire a lungo consente di assicurarsi un tasso di remunerazione certo, mentre l'investitore a breve sarà in balia delle fluttuazioni del tasso a breve nel tempo. Per questa ragione, l'investitore a breve dovrebbe chiedere una remunerazione attesa maggiore nell'arco degli n periodi. Tuttavia, bisogna tener conto del *rischio di liquidità* cui deve far fronte l'investitore a lungo: un'improvvisa necessità di mezzi di pagamento per far fronte a una spesa imprevista potrebbe costringerlo a liquidare l'investimento a lungo in un momento in cui i corsi dei titoli a lunga subiscono una flessione, con la conseguenza di ottenere un rendimento complessivo più basso di quello promesso inizialmente o addirittura negativo. Come accennato prima, questi due tipi di rischio agiscono in direzioni opposte e quindi non si può dire a priori se l'investitore a lungo in un orizzonte n-periodale richieda una remunerazione attesa maggiore dell'investitore a breve. Cioè non si può dire a priori se Ω è maggiore o minore di 1. E per la stessa ragione, non si può dire se ϕ sia positivo o negativo.

Proposizione - La coerenza tra le tre versioni

Se i tassi d'interesse sono lognormali e omoschedastici, la costanza del premio al rischio in una versione implica la costanza del premio nelle altre due.

Dimostrazione

Calcolando i logaritmi delle (19) e (20) e richiamando l'ipotesi di lognormalità, si ottiene rispettivamente:

$$y(t,t+1) = n y(t,t+n) + E_t [-(n-1) y(t+1,t+n)] + (n-1)^2/2 \text{Var}[y(t+1,t+n)] - \theta, \quad (22)$$

$$y(t,t+1) = E_t[\sum_{i=0}^{n-1} y(t+i,t+i+1)] + 1/2 \text{Var}[\sum_{i=0}^{n-1} y(t+i,t+i+1)] + n\omega$$

Quest'ultima può essere riscritta così:

$$ny(t,t+n) = y(t,t+1) + E_t[(n-1)y(t+1,t+n)] - 1/2 \text{Var}[\sum_{i=1}^{n-1} y(t+i,t+i+1)] + 1/2 \text{Var}[\sum_{i=0}^{n-1} y(t+i,t+i+1)] + n\omega_n - (n-1)\omega_{n-1} \quad (23)$$

Per l'ipotesi di omoschedasticità dei tassi di interesse, si nota dalle (21), (22), e (23) che θ , ω_n , e ϕ differiscono solo per termini costanti nel tempo, e che di conseguenza la costanza di uno implica la costanza degli altri due.

Riassumendo, l'introduzione di un premio al rischio costante nel tempo, accoppiata alle ipotesi di lognormalità e di omoschedasticità dei tassi, rende possibile recuperare la coerenza tra le tre versioni della TA in quanto, sotto le ipotesi fatte, gli effetti della disuguaglianza di Jensen sono costanti nel tempo.

CONCLUSIONI

Nel presente lavoro abbiamo innanzitutto esaminato i fondamenti matematico-finanziari della TA al fine di chiarire la versione della TA che è comunemente oggetto di verifica empirica e di conseguenza la tipologia di serie storiche che è corretto utilizzare nei test empirici.

Specificamente, poiché tali test vengono effettuati sotto forma di regressioni lineari, la versione in oggetto è quella logaritmica e le serie storiche devono coerentemente esser relative ad intensità di interesse.

In secondo luogo abbiamo analizzato la coerenza tra le diverse versioni della teoria TA per concludere che sussiste soltanto in presenza di un premio al rischio non nullo e costante. In particolare abbiamo dimostrato che se i tassi di interesse sono lognormali e omoschedastici, le tre versioni della TA considerate nel presente lavoro sono tra loro coerenti.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, N., Breedon, F., Deacon, M., Deny, A., Murphy, G., 1996, *Estimating and interpreting the yield curve*, Wiley and Sons.
- Boero G., G. Di Lorenzo, C. Torricelli, 1998, The influence of short rate predictability and monetary policy on tests of the expectations hypothesis: some comparative evidence, *Materiali di Discussione del Dipartimento di Economia Politica*, n.236, Università di Modena.
- Boero G., F. Madjlessi and C. Torricelli, 1996, The information in the term structure of German interest rates, *Proceedings of the VI International AFIR Colloquium*, Nürnberg, October 1996, VVW Karlsruhe.
- Campbell, J.Y., Lo, A.W., and McKinlay, A.C., 1997, *The econometrics of financial markets*, Princeton University Press.
- Cox J.C., J.E. Ingersoll and S.A. Ross, 1981, A re-examination of traditional hypotheses about the term structure of interest rates, *Journal of Finance*, 36. 769-799.
- Hardouvelis, G.A., 1994, The term structure spread and future changes in long and short rates in the G7 countries. Is there a puzzle? *Journal of Monetary Economics*, Vol. 33, pp.255-283.
- Mankiw, N.G. and Miron, J.A., 1986, The changing behavior of the term structure of interest rates, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 101, pp. 211-227.
- McCallum, B.T., 1994a, A reconsideration of the uncovered interest parity relationship. *Journal of Monetary Economics*, Vol 17, pp. 135-160.
- McCallum, B.T., 1994b, Monetary policy and the term structure of interest rates. *N.B.E.R. Working paper n° 4938*.
- McCulloch, J.H., 1971, Measuring the term structure of interest rates, *Journal of Business*, Vol. 44, pp 19-31.
- Mood A.M., Graybill F.A., Boes D.C., 1991, *Introduzione alla statistica*, McGraw Hill Italia, Milano.
- Moriconi, F., 1994, *Matematica Finanziaria*, Il Mulino, Bologna
- Rudebusch, G.D., 1995, Federal Reserve interest rate targeting, rational expectations, and the term structure, *Journal of Monetary Economics*, Vol. 35, pp. 245-274.
- Shiller, R.J., 1990, The term structure of interest rates, in B.J. Friedman e F.H. Hahn, *Handbook of Monetary Economics*, Elsevier, Amsterdam, Vol. 1.
- Svensson, L.E.O., 1994, Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992-1994, *National Bureau of Economic Research, Working Paper No. 4871*.

Tzavalis E., M.R. Wickens, Explaining the failures of the term spread models of the Rational Expectation Hypothesis of the term structure, *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol.29, pp. 364-380.

APPENDICE 1.

A1.1 - Dimostrazione delle espressioni: (13) e (14).

Sapendo che per una variabile casuale con distribuzione lognormale vale la seguente (cfr. ad es. Mood et al. (1991)):

$$\log E(x) = E[\log(x)] + \frac{1}{2} \text{Var}[\log(x)],$$

e ipotizzando che i fattori d'interesse, $(1+r)$, e di rendimento, $(1+H)$, siano omoschedastici e lognormali, prendendo i logaritmi della (10') si ha:

$$y(t,t+1) = E_t[h_n(t,t+1)] + \frac{1}{2} \text{Var}[h_n(t,t+1)],$$

dove: $y(t,t+1) = \log[1+r(t,t+1)]$,

$$h_n(t,t+1) = \log[1+H_n(t,t+1)],$$

da cui si ottiene facilmente la (13).

Lo holding period return, ovvero il tasso di rendimento che si ottiene detenendo per un periodo un titolo a cedola nulla con scadenza n-periodale, è definito come segue:

$$h_n(t,t+1) = n y(t,t+n) - (n-1) y(t+1,t+n) \quad (\text{A.1})$$

Applicando l'operatore valore atteso diventa:

$$E_t[h_n(t,t+1)] = n y(t,t+n) - (n-1) E_t[y(t+1,t+n)] \quad (\text{A.2})$$

mentre applicando alla (A1) l'operatore varianza si ottiene:

$$\text{Var}[h_n(t,t+1)] = (n-1)^2 \text{Var}[y(t+1,t+n)] \quad (\text{A.3})$$

Sempre sotto l'ipotesi di omoschedasticità e lognormalità dei tassi d'interesse, applicando alla (11) l'operatore logaritmo si ottiene:

$$n y(t,t+n) = y(t,t+1) + (n-1) E_t [y(t+1,t+n)] + (n-1)^2/2 \text{Var}[y(t+1,t+n)],$$

dalla quale applicando le (A.2) e (A.3) si ottiene:

$$y(t,t+1) = E_t[h_n(t,t+1)] - 1/2 \text{Var}[h_n(t,t+1)],$$

da cui si segue la (14).

1. Maria Cristina Marcuzzo [1985] "Yoan Violet Robinson (1903-1983)", pp. 134
2. Sergio Lugaresi [1986] "Le imposte nelle teorie del sovrappiù", pp. 26
3. Massimo D'Angelillo e Leonardo Paggi [1986] "PCI e socialdemocrazie europee. Quale riformismo?", pp. 158
4. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1986] "Un suggerimento hobsoniano su terziario ed occupazione: il caso degli Stati Uniti 1960/1983", pp. 52
5. Paolo Bosi e Paolo Silvestri [1986] "La distribuzione per aree disciplinari dei fondi destinati ai Dipartimenti, Istituti e Centri dell'Università di Modena: una proposta di riforma", pp. 25
6. Marco Lippi [1986] "Aggregations and Dynamic in One-Equation Econometric Models", pp. 64
7. Paolo Silvestri [1986] "Le tasse scolastiche e universitarie nella Legge Finanziaria 1986", pp. 41
8. Mario Forni [1986] "Storie familiari e storie di proprietà. Itinerari sociali nell'agricoltura italiana del dopoguerra", pp. 165
9. Sergio Paba [1986] "Gruppi strategici e concentrazione nell'industria europea degli elettrodomestici bianchi", pp. 56
10. Nerio Naldi [1986] "L'efficienza marginale del capitale nel breve periodo", pp. 54
11. Fernando Vianello [1986] "Labour Theory of Value", pp. 31
12. Piero Ganugi [1986] "Risparmio forzato e politica monetaria negli economisti italiani tra le due guerre", pp. 40
13. Maria Cristina Marcuzzo e Annalisa Rosselli [1986] "The Theory of the Gold Standard and Ricardo's Standard Comodity", pp. 30
14. Giovanni Solinas [1986] "Mercati del lavoro locali e carriere di lavoro giovanili", pp. 66
15. Giovanni Bonifati [1986] "Saggio dell'interesse e domanda effettiva. Osservazioni sul cap. 17 della General Theory", pp. 42
16. Marina Murat [1986] "Betwin old and new classical macroeconomics: notes on Lejonhufvud's notion of full information equilibrium", pp. 20
17. Sebastiano Brusco e Giovanni Solinas [1986] "Mobilità occupazionale e disoccupazione in Emilia Romagna", pp. 48
18. Mario Forni [1986] "Aggregazione ed esogeneità", pp. 13
19. Sergio Lugaresi [1987] "Redistribuzione del reddito, consumi e occupazione", pp. 17
20. Fiorenzo Sperotto [1987] "L'immagine neopopulista di mercato debole nel primo dibattito sovietico sulla pianificazione", pp. 34
21. M. Cecilia Guerra [1987] "Benefici tributari nel regime misto per i dividendi proposto dalla commissione Sarcinelli: una nota critica", pp. 9
22. Leonardo Paggi [1987] "Contemporary Europe and Modern America: Theories of Modernity in Comparative Perspective", pp. 38
23. Fernando Vianello [1987] "A Critique of Professor Goodwin's 'Critique of Sraffa'", pp. 12
24. Fernando Vianello [1987] "Effective Demand and the Rate of Profits. Some Thoughts on Marx, Kalecki and Sraffa", pp. 41
25. Anna Maria Sala [1987] "Banche e territorio. Approccio ad un tema geografico-economico", pp. 40
26. Enzo Mingione e Giovanni Mottura [1987] "Fattori di trasformazione e nuovi profili sociali nell'agricoltura italiana: qualche elemento di discussione", pp. 36
27. Giovanna Procacci [1988] "The State and Social Control in Italy During the First World War", pp. 18
28. Massimo Matteuzzi e Annamaria Simonazzi [1988] "Il debito pubblico", pp. 62
29. Maria Cristina Marcuzzo (a cura di) [1988] "Richard F. Kahn. A discipline of Keynes", pp. 118
30. Paolo Bosi [1988] "MICROMOD. Un modello dell'economia italiana per la didattica della politica fiscale", pp. 34
31. Paolo Bosi [1988] "Indicatori della politica fiscale. Una rassegna e un confronto con l'aiuto di MICROMOD", pp. 25
32. Giovanna Procacci [1988] "Protesta popolare e agitazioni operaie in Italia 1915-1918", pp. 45
33. Margherita Russo [1988] "Distretto Industriale e servizi. Uno studio dei trasporti nella produzione e nella vendita delle piastrelle", pp. 157
34. Margherita Russo [1988] "The effect of technical change on skill requirements: an empirical analysis", pp. 28
35. Carlo Grillenzoni [1988] "Identification, estimations of multivariate transfer functions", pp. 33
36. Nerio Naldi [1988] "'Keynes' concept of capital", pp. 40
37. Andrea Ginzburg [1988] "locomotiva Italia?", pp. 30
38. Giovanni Mottura [1988] "La 'persistenza' secolare. Appunti su agricoltura contadina ed agricoltura familiare nelle società industriali", pp. 40
39. Giovanni Mottura [1988] "L'anticamera dell'esodo. I contadini italiani della 'restaurazione contrattuale' fascista alla riforma fondiaria", pp. 40
40. Leonardo Paggi [1988] "Americanismo e riformismo. La socialdemocrazia europea nell'economia mondiale aperta", pp. 120
41. Annamaria Simonazzi [1988] "Fenomeni di isteresi nella spiegazione degli alti tassi di interesse reale", pp. 44
42. Antonietta Bassetti [1989] "Analisi dell'andamento e della casualità della borsa valori", pp. 12
43. Giovanna Procacci [1989] "State coercion and worker solidarity in Italy (1915-1918): the moral and political content of social unrest", pp. 41
44. Carlo Alberto Magni [1989] "Reputazione e credibilità di una minaccia in un gioco bargaining", pp. 56
45. Giovanni Mottura [1989] "Agricoltura familiare e sistema agroalimentare in Italia", pp. 84
46. Mario Forni [1989] "Trend, Cycle and 'Fortuitous cancellation': a Note on a Paper by Nelson and Plosser", pp. 4
47. Paolo Bosi, Roberto Golinelli, Anna Stagni [1989] "Le origini del debito pubblico e il costo della stabilizzazione", pp. 26
48. Roberto Golinelli [1989] "Note sulla struttura e sull'impiego dei modelli macroeconomici", pp. 21
49. Marco Lippi [1989] "A Short Note on Cointegration and Aggregation", pp. 11
50. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1989] "The Linkage between Tertiary and Industrial Sector in the Italian Economy: 1951-1988. From an External Dependence to an International One", pp. 40
51. Gabriele Pastrello [1989] "Francois qesnay: dal Tableau Zig-zag al Tableau Formule: una ricostruzione", pp. 48
52. Paolo Silvestri [1989] "Il bilancio dello stato", pp. 34
53. Tim Mason [1990] "Tre seminari di storia sociale contemporanea", pp. 26
54. Michele Lalla [1990] "The Aggregate Escape Rate Analysed through the Queueing Model", pp. 23
55. Paolo Silvestri [1990] "Sull'autonomia finanziaria dell'università", pp. 11
56. Paola Bertolini, Enrico Giovannetti [1990] "Uno studio di 'filiera' nell'agroindustria. Il caso del Parmigiano Reggiano", pp. 164

57. Paolo Bosi, Roberto Golinelli, Anna Stagni [1990] "Effetti macroeconomici, settoriali e distributivi dell'armonizzazione dell'IVA", pp. 24
58. Michele Lalla [1990] "Modelling Employment Spells from Emilia Labour Force Data", pp. 18
59. Andrea Ginzburg [1990] "Politica Nazionale e commercio internazionale", pp. 22
60. Andrea Giommi [1990] "La probabilità individuale di risposta nel trattamento dei dati mancanti", pp. 13
61. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1990] "The service sector in planned economies. Past experiences and future perspectives", pp. 32
62. Giovanni Solinas [1990] "Competenze, grandi industrie e distretti industriali. Il caso Magneti Marelli", pp. 23
63. Andrea Ginzburg [1990] "Debito pubblico, teorie monetarie e tradizione civica nell'Inghilterra del Settecento", pp. 30
64. Mario Forni [1990] "Incertezza, informazione e mercati assicurativi: una rassegna", pp. 37
65. Mario Forni [1990] "Misspecification in Dynamic Models", pp. 19
66. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1990] "Service Sector Growth in CPE's: An Unsolved Dilemma", pp. 28
67. Paola Bertolini [1990] "La situazione agro-alimentare nei paesi ad economia avanzata", pp. 20
68. Paola Bertolini [1990] "Sistema agro-alimentare in Emilia Romagna ed occupazione", pp. 65
69. Enrico Giovannetti [1990] "Efficienza ed innovazione: il modello 'fondi e flussi' applicato ad una filiera agro-industriale", pp. 38
70. Margherita Russo [1990] "Cambiamento tecnico e distretto industriale: una verifica empirica", pp. 115
71. Margherita Russo [1990] "Distretti industriali in teoria e in pratica: una raccolta di saggi", pp. 119
72. Paolo Silvestri [1990] "La Legge Finanziaria. Voce dell'enciclopedia Europea Garzanti", pp. 8
73. Rita Paltrinieri [1990] "La popolazione italiana: problemi di oggi e di domani", pp. 57
74. Enrico Giovannetti [1990] "Illusioni ottiche negli andamenti delle Grandezze distributive: la scala mobile e l'appiattimento delle retribuzioni in una ricerca", pp. 120
75. Enrico Giovannetti [1990] "Crisi e mercato del lavoro in un distretto industriale: il bacino delle ceramiche. Sez. I", pp. 150
76. Enrico Giovannetti [1990] "Crisi e mercato del lavoro in un distretto industriale: il bacino delle ceramiche. Sez. II", pp. 145
78. Antonietta Bassetti e Costanza Torricelli [1990] "Una riqualificazione dell'approccio bargaining alla selezione di portafoglio", pp. 4
77. Antonietta Bassetti e Costanza Torricelli [1990] "Il portafoglio ottimo come soluzione di un gioco bargaining", pp. 15
79. Mario Forni [1990] "Una nota sull'errore di aggregazione", pp. 6
80. Francesca Bergamini [1991] "Alcune considerazioni sulle soluzioni di un gioco bargaining", pp. 21
81. Michele Grillo e Michele Polo [1991] "Political Exchange and the allocation of surplus: a Model of Two-party competition", pp. 34
82. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1991] "The 1990 Polish Recession: a Case of Truncated Multiplier Process", pp. 26
83. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1991] "Polish firms: Private Vices Public Virtues", pp. 20
84. Sebastiano Brusco e Sergio Paba [1991] "Connessioni, competenze e capacità concorrenziale nell'industria della Sardegna", pp. 25
85. Claudio Grimaldi, Rony Hamoui, Nicola Rossi [1991] "Non Marketable assets and households' Portfolio Choice: a Case of Study of Italy", pp. 38
86. Giulio Righi, Massimo Baldini, Alessandra Brambilla [1991] "Le misure degli effetti redistributivi delle imposte indirette: confronto tra modelli alternativi", pp. 47
87. Roberto Fanfani, Luca Lanini [1991] "Innovazione e servizi nello sviluppo della meccanizzazione agricola in Italia", pp. 35
88. Antonella Caiumi e Roberto Golinelli [1992] "Stima e applicazioni di un sistema di domanda Almost Ideal per l'economia italiana", pp. 34
89. Maria Cristina Marcuzzo [1992] "La relazione salari-occupazione tra rigidità reali e rigidità nominali", pp. 30
90. Mario Biagioli [1992] "Employee financial participation in enterprise results in Italy", pp. 50
91. Mario Biagioli [1992] "Wage structure, relative prices and international competitiveness", pp. 50
92. Paolo Silvestri e Giovanni Solinas [1993] "Abbandoni, esiti e carriera scolastica. Uno studio sugli studenti iscritti alla Facoltà di Economia e Commercio dell'Università di Modena nell'anno accademico 1990/1991", pp. 30
93. Gian Paolo Caselli e Luca Martinelli [1993] "Italian GPN growth 1890-1992: a unit root or segmented trend representation?", pp. 30
94. Angela Politi [1993] "La rivoluzione frantesa. I partigiani emiliani tra liberazione e guerra fredda, 1945-1955", pp. 55
95. Alberto Rinaldi [1993] "Lo sviluppo dell'industria metalmeccanica in provincia di Modena: 1945-1990", pp. 70
96. Paolo Emilio Mistrulli [1993] "Debito pubblico, intermediari finanziari e tassi d'interesse: il caso italiano", pp. 30
97. Barbara Pistoiesi [1993] "Modelling disaggregate and aggregate labour demand equations. Cointegration analysis of a labour demand function for the Main Sectors of the Italian Economy: 1950-1990", pp. 45
98. Giovanni Bonifati [1993] "Progresso tecnico e accumulazione di conoscenza nella teoria neoclassica della crescita endogena. Una analisi critica del modello di Romer", pp. 50
99. Marcello D'Amato e Barbara Pistoiesi [1994] "The relationship(s) among Wages, Prices, Unemployment and Productivity in Italy", pp. 30
100. Mario Forni [1994] "Consumption Volatility and Income Persistence in the Permanent Income Model", pp. 30
101. Barbara Pistoiesi [1994] "Using a VECM to characterise the relative importance of permanent and transitory components", pp. 28
102. Gian Paolo Caselli and Gabriele Pastrello [1994] "Polish recovery from the slump to an old dilemma", pp. 20
103. Sergio Paba [1994] "Imprese visibili, accesso al mercato e organizzazione della produzione", pp. 20
104. Giovanni Bonifati [1994] "Progresso tecnico, investimenti e capacità produttiva", pp. 30
105. Giuseppe Marotta [1994] "Credit view and trade credit: evidence from Italy", pp. 20
106. Margherita Russo [1994] "Unit of investigation for local economic development policies", pp. 25
107. Luigi Brighi [1995] "Monotonicity and the demand theory of the weak axioms", pp. 20
108. Mario Forni e Lucrezia Reichlin [1995] "Modelling the impact of technological change across sectors and over time in manufacturing", pp. 25
109. Marcello D'Amato and Barbara Pistoiesi [1995] "Modelling wage growth dynamics in Italy: 1960-1990", pp. 38
110. Massimo Baldini [1995] "INDIMOD. Un modello di microsimulazione per lo studio delle imposte indirette", pp. 37
111. Paolo Bosi [1995] "Regionalismo fiscale e autonomia tributaria: l'emersione di un modello di consenso", pp. 38
112. Massimo Baldini [1995] "Aggregation Factors and Aggregation Bias in Consumer Demand", pp. 33
113. Costanza Torricelli [1995] "The information in the term structure of interest rates. Can stochastic models help in resolving the puzzle?" pp. 25
114. Margherita Russo [1995] "Industrial complex, pôle de développement, distretto industriale. Alcune questioni sulle unità di indagine nell'analisi dello sviluppo.", pp. 45
115. Angelika Moryson [1995] "50 Jahre Deutschland. 1945 - 1995" pp. 21
116. Paolo Bosi [1995] "Un punto di vista macroeconomico sulle caratteristiche di lungo periodo del nuovo sistema pensionistico italiano.", pp. 32
117. Gian Paolo Caselli e Salvatore Curatolo [1995] "Esistono relazioni stimabili fra dimensione ed efficienza delle istituzioni e crescita produttiva? Un esercizio nello spirito di D.C. North." pp. 11
118. Mario Forni e Marco Lippi [1995] "Permanent income, heterogeneity and the error correction mechanism.", pp. 21
119. Barbara Pistoiesi [1995] "Co-movements and convergence in international output. A Dynamic Principal Components Analysis" pp. 14
120. Mario Forni e Lucrezia Reichlin [1995] "Dynamic common factors in large cross-section" pp. 17
121. Giuseppe Marotta [1995] "Il credito commerciale in Italia: una nota su alcuni aspetti strutturali e sulle implicazioni di politica monetaria" pp. 20
122. Giovanni Bonifati [1995] "Progresso tecnico, concorrenza e decisioni di investimento: una analisi delle determinanti di lungo periodo degli investimenti" pp. 25
123. Giovanni Bonifati [1995] "Cambiamento tecnico e crescita endogena: una valutazione critica delle ipotesi del modello di Romer" pp. 21
124. Barbara Pistoiesi e Marcello D'Amato [1995] "La riservatezza del banchiere centrale è un bene o un male? Effetti dell'informazione incompleta sul benessere in un modello di politica monetaria." pp. 32
125. Barbara Pistoiesi [1995] "Radici unitarie e persistenza: l'analisi univariata delle fluttuazioni economiche.", pp. 33
126. Barbara Pistoiesi e Marcello D'Amato [1995] "Co-movements in European real outputs" pp. 20
127. Antonio Ribba [1996] "Ciclo economico, modello lineare-stocastico, forma dello spettro delle variabili macroeconomiche" pp. 31
128. Carlo Alberto Magni [1996] "Repeatable and a tantum real options a dynamic programming approach" pp. 23
129. Carlo Alberto Magni [1996] "Opzioni reali d'investimento e interazione competitiva: programmazione dinamica stocastica in optimal stopping" pp. 26
130. Carlo Alberto Magni [1996] "Vaghezza e logica fuzzy nella valutazione di un'opzione reale" pp. 20
131. Giuseppe Marotta [1996] "Does trade credit redistribution thwart monetary policy? Evidence from Italy" pp. 20
132. Mauro Dell'Amico e Marco Trubian [1996] "Almost-optimal solution of large weighted equicut problems" pp. 30
133. Carlo Alberto Magni [1996] "Un esempio di investimento industriale con interazione competitiva e avversione al rischio" pp. 20
134. Margherita Russo, Peter Börkey, Emilio Cubel, François Lévêque, Francisco Mas [1996] "Local sustainability and competitiveness: the case of the ceramic tile industry" pp. 66
135. Margherita Russo [1996] "Camionetto tecnico e relazioni tra imprese" pp. 190
136. David Avra Lane, Irene Poli, Michele Lalla, Alberto Roverato [1996] "Lezioni di probabilità e inferenza statistica" pp. 288
137. David Avra Lane, Irene Poli, Michele Lalla, Alberto Roverato [1996] "Lezioni di probabilità e inferenza statistica - Esercizi svolti -" pp. 302
138. Barbara Pistoiesi [1996] "Is an Aggregate Error Correction Model Representative of Disaggregate Behaviours? An example" pp. 24
139. Luisa Malaguti e Costanza Torricelli [1996] "Monetary policy and the term structure of interest rates", pp. 30
140. Mauro Dell'Amico, Martine Labbé, Francesco Maffioli [1996] "Exact solution of the SONET Ring Loading Problem", pp. 20
141. Mauro Dell'Amico, R.J.M. Vaessens [1996] "Flow and open shop scheduling on two machines with transportation times and machine-independent processing times in NP-hard", pp. 10
142. M. Dell'Amico, F. Maffioli, A. Sciomechen [1996] "A Lagrangean Heuristic for the Pirze Collecting Travelling Salesman Problem", pp. 14
143. Massimo Baldini [1996] "Inequality Decomposition by Income Source in Italy - 1987 - 1993", pp. 20
144. Graziella Bertocchi [1996] "Trade, Wages, and the Persistence of Underdevelopment" pp. 20
145. Graziella Bertocchi and Fabio Canova [1996] "Did Colonization matter for Growth? An Empirical Exploration into the Historical Causes of Africa's Underdevelopment" pp. 32
146. Paola Bertolini [1996] "La modernization de l'agriculture italienne et le cas de l'Emilie Romagne" pp. 20
147. Enrico Giovannetti [1996] "Organisation industrielle et développement local: le cas de l'agroindustrie in Emilie Romagne" pp. 18
148. Maria Elena Bontempi e Roberto Golinelli [1996] "Le determinanti del leverage delle imprese: una applicazione empirica ai settori industriali dell'economia italiana" pp. 31
149. Paola Bertolini [1996] "L'agriculture et la politique agricole italienne face aux recents scenarios", pp. 20
150. Enrico Giovannetti [1996] "Il grado di utilizzo della capacità produttiva come misura dei costi di transazione: una rilettura di 'Nature of the Firm' di R. Coase", pp. 75
151. Enrico Giovannetti [1996] "Il I° ciclo del Diploma Universitario Economia e Amministrazione delle Imprese", pp. 25
152. Paola Bertolini, Enrico Giovannetti, Giulia Santacaterina [1996] "Il Settore del Verde Pubblico. Analisi della domanda e valutazione economica dei benefici", pp. 35
153. Giovanni Solinas [1996] "Sistemi produttivi del Centro-Nord e del Mezzogiorno. L'industria delle calzature", pp. 55
154. Tindara Addabbo [1996] "Married Women's Labour Supply in Italy in a Regional Perspective", pp. 85
155. Paolo Silvestri, Giuseppe Catalano, Cristina Bevilacqua [1996] "Le tasse universitarie e gli interventi per il diritto allo studio: la prima fase di applicazione di una nuova normativa" pp. 159
156. Sebastiano Brusco, Paolo Bertossi, Margherita Russo [1996] "L'industria dei rifiuti urbani in Italia", pp. 25
157. Paolo Silvestri, Giuseppe Catalano [1996] "Le risorse del sistema universitario italiano: finanziamento e governo" pp. 400
158. Carlo Alberto Magni [1996] "Un semplice modello di opzione di differimento e di vendita in ambito discreto", pp. 10
159. Tito Pietra, Paolo Siconolfi [1996] "Fully Revealing Equilibria in Sequential Economies with Asset Markets" pp. 17
160. Tito Pietra, Paolo Siconolfi [1996] "Extrinsic Uncertainty and the Informational Role of Prices" pp. 42
161. Paolo Bertella Farnetti [1996] "Il negro e il rosso. Un precedente non esplorato dell'integrazione afroamericana negli Stati Uniti" pp. 26
162. David Lane [1996] "Is what is good for each best for all? Learning from others in the information contagion model" pp. 18

163. Antonio Ribba [1996] "A note on the equivalence of long-run and short-run identifying restrictions in cointegrated systems" pp. 10
164. Antonio Ribba [1996] "Scomposizioni permanenti-transitorie in sistemi cointegrati con una applicazione a dati italiani" pp. 23
165. Mario Forni, Sergio Paba [1996] "Economic Growth, Social Cohesion and Crime" pp. 20
166. Mario Forni, Lucrezia Reichlin [1996] "Let's get real: a factor analytical approach to disaggregated business cycle dynamics" pp. 25
167. Marcello D'Amato e Barbara Pistoiesi [1996] "So many Italies: Statistical Evidence on Regional Cohesion" pp. 31
168. Elena Bonfiglioli, Paolo Bosi, Stefano Toso [1996] "L'equità del contributo straordinario per l'Europa" pp. 20
169. Graziella Bertocchi, Michael Spagat [1996] "Il ruolo dei licei e delle scuole tecnico-professionali tra progresso tecnologico, conflitto sociale e sviluppo economico" pp. 37
170. Gianna Boero, Costanza Torricelli [1997] "The Expectations Hypothesis of the Term Structure of Interest Rates: Evidence for Germany" pp. 15
171. Mario Forni, Lucrezia Reichlin [1997] "National Policies and Local Economics: Europe and the US" pp. 22
172. Carlo Alberto Magni [1997] "La trappola del Roe e la tridimensionalità del Van in un approccio sistemico" pp. 16
173. Mauro Dell'Amico [1997] "A Linear Time Algorithm for Scheduling Outforests with Communication Delays on Two or Three Processor" pp. 18
174. Paolo Bosi [1997] "Aumentare l'età pensionabile fa diminuire la spesa pensionistica? Ancora sulle caratteristiche di lungo periodo della riforma Dini" pp. 13
175. Paolo Bosi e Massimo Matteuzzi [1997] "Nuovi strumenti per l'assistenza sociale" pp. 31
176. Mauro Dell'Amico, Francesco Maffioli e Marco Trubian [1997] "New bounds for optimum traffic assignment in satellite communication" pp. 21
177. Carlo Alberto Magni [1997] "Paradossi, inverosimiglianze e contraddizioni del Van: operazioni certe" pp. 9
178. Barbara Pistoiesi e Marcello D'Amato [1997] "Persistence of relative unemployment rates across Italian regions" pp. 25
179. Margherita Russo, Franco Cavedoni e Riccardo Pianesani [1997] "Le spese ambientali dei Comuni in provincia di Modena, 1993-1995" pp. 23
180. Gabriele Pastrello [1997] "Time and Equilibrium, Two Elusive Guests in the Keynes-Hawtrey-Robertson Debate in the Thirties" pp. 25
181. Luisa Malaguti e Costanza Torricelli [1997] "The Interaction Between Monetary Policy and the Expectation Hypothesis of the Term Structure of Interest rates in a N-Period Rational Expectation Model" pp. 27
182. Mauro Dell'Amico [1997] "On the Continuous Relaxation of Packing Problems - Technical Note" pp. 8
183. Stefano Bordini [1997] "Prova di Idoneità di Informatica Dispensa Esercizi Excel 5" pp. 49
184. Francesca Bergamini e Stefano Bordini [1997] "Una verifica empirica di un nuovo metodo di selezione ottima di portafoglio" pp. 22
185. Gian Paolo Caselli e Maurizio Battini [1997] "Following the tracks of atkinson and micklewright the changing distribution of income and earnings in Poland from 1989 to 1995" pp. 21
186. Mauro Dell'Amico e Francesco Maffioli [1997] "Combining Linear and Non-Linear Objectives in Spanning Tree Problems" pp. 21
187. Gianni Ricci e Vanessa Debbia [1997] "Una soluzione evolutiva in un gioco differenziale di lotta di classe" pp. 14
188. Fabio Canova e Eva Ortega [1997] "Testing Calibrated General Equilibrium Model" pp. 34
189. Fabio Canova [1997] "Does Detrending Matter for the Determination of the Reference Cycle and the Selection of Turning Points?" pp. 35
190. Fabio Canova e Gianni De Nicolò [1997] "The Equity Premium and the Risk Free Rate: A Cross Country, Cross Maturity Examination" pp. 41
191. Fabio Canova e Angel J. Ubide [1997] "International Business Cycles, Financial Market and Household Production" pp. 32
192. Fabio Canova e Gianni De Nicolò [1997] "Stock Returns, Term Structure, Inflation and Real Activity: An International Perspective" pp. 33
193. Fabio Canova e Morten Ravn [1997] "The Macroeconomic Effects of German Unification: Real Adjustments and the Welfare State" pp. 34
194. Fabio Canova [1997] "Detrending and Business Cycle Facts" pp. 40
195. Fabio Canova e Morten O. Ravn [1997] "Crossing the Rio Grande: Migrations, Business Cycle and the Welfare State" pp. 37
196. Fabio Canova e Jane Murrin [1997] "Sources and Propagation of International Output Cycles: Common Shocks or Transmission?" pp. 41
197. Fabio Canova e Albert Marcet [1997] "The Poor Stay Poor: Non-Convergence Across Countries and Regions" pp. 44
198. Carlo Alberto Magni [1997] "Un Criterio Strutturalista per la Valutazione di Investimenti" pp. 17
199. Stefano Bordini [1997] "Elaborazione Automatica dei Dati" pp. 60
200. Paolo Bertella Farnetti [1997] "The United States and the Origins of European Integration" pp. 19
201. Paolo Bosi [1997] "Sul Controllo Dinamico di un Sistema Pensionistico a Ripartizione di Tipo Contributivo" pp. 17
202. Paola Bertolini [1997] "European Union Agricultural Policy: Problems and Perspectives" pp. 18
203. Stefano Bordini [1997] "Supporti Informatici per la Ricerca delle soluzioni di Problemi Decisionali" pp. 30
204. Carlo Alberto Magni [1997] "Paradossi, Inverosimiglianze e Contraddizioni del Van: Operazioni Aleatorie" pp. 10
205. Carlo Alberto Magni [1997] "Tir, Roe e Van: Distorsioni linguistiche e Cognitive nella Valutazione degli Investimenti" pp. 17
206. Gisella Facchinetti, Roberto Ghiselli Ricci e Silvia Muzzioli [1997] "New Methods For Ranking Triangular Fuzzy Numbers: An Investment Choice" pp. 9
207. Mauro Dell'Amico e Silvano Martello [1997] "Reduction of the Three-Partition Problem" pp. 16
208. Carlo Alberto Magni [1997] "IRR, ROE and NPV: a Systemic Approach" pp. 20
209. Mauro Dell'Amico, Andrea Lodi e Francesco Maffioli [1997] "Solution of the cumulative assignment problem with a well-structured tabu search method" pp. 25
210. Carlo Alberto Magni [1997] "La definizione di investimento e criterio del Tir ovvero: la realtà inventata" pp. 16
211. Carlo Alberto Magni [1997] "Critica alla definizione classica di investimento: un approccio sistemico" pp. 17
212. Alberto Roverato [1997] "Asymptotic prior to posterior analysis for graphical gaussian models" pp. 8
213. Tindara Addabbo [1997] "Povertà nel 1995 analisi statica e dinamica sui redditi familiari" pp. 64
214. Gian Paolo Caselli e Franca Manghi [1997] "La transizione da piano a mercato e il modello di Ising" pp. 15
215. Tindara Addabbo [1998] "Lavoro non pagato e reddito esteso: un'applicazione alle famiglie italiane in cui entrambi i coniugi sono lavoratori dipendenti" pp. 54
216. Tindara Addabbo [1998] "Probabilità di occupazione e aspettative individuali" pp. 36
217. Lara Magnani [1998] "Transazioni, contratti e organizzazioni: una chiave di lettura della teoria economica dell'organizzazione" pp. 39
218. Michele Lalla, Rosella Molinari e Maria Grazia Modena [1998] "La progressione delle carriere: i percorsi in cardiologia" pp. 46
219. Lara Magnani [1998] "L'organizzazione delle transazioni di subfornitura nel distretto industriale" pp. 40
220. Antonio Ribba [1998] "Recursive VAR orderings and identification of permanent and transitory shocks" pp. 12
221. Antonio Ribba [1998] "Granger-causality and exogeneity in cointegrated Var models" pp. 5
222. Luigi Brighi e Marcello D'Amato [1998] "Optimal Procurement in Multiproduct Monopoly" pp. 25
223. Paolo Bosi, Maria Cecilia Guerra e Paolo Silvestri [1998] "La spesa sociale nel comune Modena" Rapporto intermedio pp. 37
224. Mario Forni e Marco Lippi [1998] "On the Microfoundations of Dynamic Macroeconomics" pp. 22
225. Roberto Ghiselli Ricci [1998] "Nuove Proposte di Ordinamento di Numeri Fuzzy. Una Applicazione ad un Problema di Finanziamento" pp. 7
226. Tommaso Minerva [1998] "Internet Domande e Risposte" pp. 183
227. Tommaso Minerva [1998] "Elementi di Statistica Computazionale. Parte Prima: Il Sistema Operativo Unix ed il Linguaggio C" pp. 57
228. Tommaso Minerva and Irene Poli [1998] "A Genetic Algorithms Selection Method for Predictive Neural Nets and Linear Models" pp. 60
229. Tommaso Minerva and Irene Poli [1998] "Building an ARMA Model by using a Genetic Algorithm" pp. 60
230. Mauro Dell'Amico e Paolo Toth [1998] "Algorithms and Codes for Dense Assignment Problems: the State of the Art" pp. 35
231. Ennio Cavazzuti e Nicoletta Pacchiarotti [1998] "How to play an hotelling game in a square town" pp. 12
232. Alberto Roverato e Irene Poli [1998] "Un algoritmo genetico per la selezione di modelli grafici" pp. 11
233. Marcello D'Amato e Barbara Pistoiesi [1998] "Delegation of Monetary Policy to a Central Banker with Private Information" pp. 15
234. Graziella Bertocchi e Michael Spagat [1998] "The Evolution of Modern Educational Systems. Technical vs. General Education, Distributional Conflict, and Growth" pp. 31
235. André Dumas [1998] "Le système monétaire européen" pp. 24
236. Gianna Boero, Gianluca Di Lorenzo e Costanza Torricelli [1998] "The influence of short rate predictability and monetary policy on tests of the expectations hypothesis: some comparative evidence" pp. 30
237. Carlo Alberto Magni [1998] "A systemic rule for investment decisions: generalizations of the traditional DCF criteria and new conceptions" pp. 30
238. Marcello D'Amato e Barbara Pistoiesi [1998] "Interest Rate Spreads Between Italy and Germany: 1995-1997" pp. 16
239. Paola Bertolini e Alberto Bertacchini [1998] "Il distretto di lavorazioni carni suine in provincia di Modena" pp. 29