



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ANCONA  
DIPARTIMENTO DI ECONOMIA

**PROGRESSO TECNICO MULTIOUTPUT  
E RUOLO DI R&S E ASSISTENZA TECNICA  
APPLICAZIONE DELL'ANALISI NONPARAMETRICA  
ALL'AGRICOLTURA ITALIANA**

ROBERTO ESPOSTI

QUADERNI DI RICERCA n. 90

QUADERNI DI RICERCA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ANCONA

---

DIPARTIMENTO DI ECONOMIA

**PROGRESSO TECNICO MULTIOUTPUT  
E RUOLO DI R&S E ASSISTENZA TECNICA  
APPLICAZIONE DELL'ANALISI NONPARAMETRICA  
ALL'AGRICOLTURA ITALIANA**

ROBERTO ESPOSTI

QUADERNI DI RICERCA n. 90



giugno 1997

*Comitato scientifico:*

*M. Crivellini*

*Paolo Ercolani (coordinatore)*

*R. Lucchetti*

*F. Sotte*

**Progresso Tecnico Multioutput e Ruolo di R&S e  
Assistenza Tecnica  
Applicazione dell'Analisi Nonparametrica  
all'Agricoltura Italiana**

di Roberto Esposti<sup>1</sup>

**Abstract**

This paper analyses the process of technical change focusing on the effects both of R&D and extension investments and on the induced innovation hypothesis. This is done relying on a nonparametric approach to production analysis consisting in analysing a finite body of data without ad hoc specification of functional form of production function. In a multi-output framework, the original nonparametric approach is extended introducing technical change in the form of "netput augmentation" providing a complete characterization of technical change. Moreover, a dynamic relationship between netput augmentations and R&D and extension investments is specified. The methodology is applied to Italian agriculture. The analysis provides useful information about the source and dynamic nature of technical progress.

I risultati di questo lavoro sono stati ottenuti nell'ambito dell'attività di ricerca dell'unità operativa CNR-RAISA presso il Dipartimento di Economia di Ancona.

Ringrazio Jean-Paul Chavas e Pierpaolo Pierani per i preziosi suggerimenti. Mia rimane la piena responsabilità di quanto scritto.

---

<sup>1</sup> Dottorando presso il Dipartimento di Economia dell'Università di Trento. E-mail: robertoe@deanovell.unian.it; tel. 0721/2203928.

## Indice

1. Introduzione p. 1
2. Rappresentazione nonparametrica della tecnologia p. 8
3. Il progresso tecnico nell'analisi nonparametrica p. 14
4. Un modello per il progresso tecnico in agricoltura p. 24
5. Il progresso tecnico nell'agricoltura italiana p. 37
  - 5.1 I dati p. 37
  - 5.2 I risultati p. 40
6. Conclusioni p. 51

## 1. Introduzione

L'analisi empirica del progresso tecnico è stata per lungo tempo finalizzata più alla sua misura che alla sua spiegazione. Dal punto di vista dell'analisi tradizionale della produzione, infatti, il progresso tecnico può essere concepito semplicemente come incremento della produttività dei fattori e quindi come spostamento verso l'alto della frontiera di produzione (Solow, 1957). Questa idea dimostra tutta la sua efficacia proprio nell'analisi empirica, dal momento che una misura del progresso tecnico può essere realizzata, in modo relativamente semplice, "osservando" i dati; analizzando, cioè, la variazione della quantità prodotta non spiegata dall'incremento dell'impiego dei fattori di produzione. Questo è ciò che viene chiamato residuo e che ha costituito, e ancora oggi costituisce, l'approccio prevalente alla misura della variazione della produttività dei fattori e, quindi, del progresso tecnico.

Pur mantenendo valido il background neoclassico che sostiene questo approccio, in questo contributo si vuole porre l'attenzione su due suoi sostanziali limiti. In primo luogo, è necessaria la specificazione di una funzione di produzione *ex-ante*. Ciò, inevitabilmente, determina un condizionamento a priori dei risultati; tale dato è in generale vero, anche per le forme funzionali flessibili, la cui ampia validità è comunque limitata, trattandosi di approssimazioni di una generica funzione di produzione neoclassica. Questo limite appare evidente dal momento che in letteratura vengono riportati risultati sostanzialmente diversi in virtù della funzione di produzione assunta nell'analisi. Ciò è vero anche nel caso si addotti l'approccio noto anche come metodo contabile (Caves *et al.*) che ricorre all'uso di indici di produttività. Infatti, i numeri indice che vengono impiegati per approssimare nel discreto gli indici di variazione di output e input, sono esatti per certe forme funzionali e non per altre.

Il secondo sostanziale limite, risiede nel fatto che l'approccio tradizionale della misura della variazione della TFP, sia essa condotta con metodo parametrico o contabile, risulta incapace di fornire informazioni sulle fonti o cause del progresso tecnico. Essendo misurato in forma residuale, il progresso tecnico risulta essere indirettamente definito, senza cioè che vengano esplicitate variabili e processi che entrano in azione nel determinarlo. In questo quadro, è evidente che il progresso tecnico non può che essere concepito esogenamente. Perciò solo una teoria che assume a priori un progresso tecnico esogeno al contesto oggetto di studio è coerente con questo approccio.

Nel presente lavoro si propone un metodo alternativo all'approccio tradizionale e lo si applica al settore agricolo italiano. Esso è fondato sull'analisi nonparametrica della produzione, e consente di realizzare misure di variazione della produttività totale dei fattori, e quindi del progresso tecnico, senza ricorrere alla specificazione parametrica della tecnologia. Oltre alla generalità che da esso è implicata, il metodo permette di condurre una analisi ad un livello ampiamente disaggregato sia a livello di input che di output, soluzione decisamente più ardua negli approcci parametrici in relazione ai crescenti vincoli da imporre e parametri da stimare. Ciò è tanto più vero nel caso dell'approccio contabile in cui, per definizione, si considera l'aumento di produttività in riferimento all'intero aggregato degli output e degli input.

Il metodo nonparametrico individua indici tecnologici per ogni input e output; questi possono essere interpretati in termini di "bias" tecnologici. Inoltre, questi indici permettono di formulare ipotesi sulle cause e sui processi che generano crescita tecnologica. In particolare, si concentra l'attenzione sul ruolo della R&S, della divulgazione ed assistenza tecnica e dei prezzi relativi.

L'importanza dell'investimento in R&S nel determinare progresso tecnologico è ampiamente enfatizzata in letteratura, sia in lavori teorici che applicati. Il punto su cui si vuole concentrare l'attenzione, oltre alla verifica dell'esistenza e dell'entità di questa azione positiva nel caso della R&S pubblica, è la scansione temporale tra l'investimento in ricerca e il suo effetto. Questa informazione è rilevante quanto l'effetto complessivo di questo investimento, ovvero l'aumento della TFP che esso produce. E' evidente, infatti, che l'opportunità della spesa, e il suo livello ottimo, non dipende solo dagli effetti che produce ma anche dal dipanarsi nel tempo di questi; solo conoscendo questo è possibile definire il rendimento di un investimento.

Allo stesso tempo, tuttavia, l'investimento in R&S in sé può non garantire che l'innovazione che contribuisce a produrre, sia effettivamente tradotta in applicazione nel contesto produttivo. Ciò è particolarmente vero nel settore agricolo; le piccole dimensioni economiche delle imprese, fanno sì che gran parte dei produttori risulti essere tecnologicamente dipendente dall'esterno, essendo incapace di produrre uno sforzo innovativo autonomo. E' necessario, quindi, che l'informazione relativa alla nuova opportunità tecnologica, nonché la conoscenza tecnica necessaria ad introdurla, venga veicolata alle imprese. La spesa in divulgazione ed assistenza tecnica, può

quindi risultare altrettanto cruciale ai fini dell'evoluzione tecnologica del settore.

Analogamente alla R&S, anche per spesa pubblica in assistenza tecnica e divulgazione agricola, viene condotta una analisi sugli effetti della spesa e sulla scansione temporale degli stessi. Anche in questo caso il metodo è capace di fornire informazioni utili al decisore pubblico, al fine di coordinare interventi finalizzati alla creazione di innovazione tecnologica nel settore e al suo trasferimento alla realtà produttiva.

Infine, si verifica il ruolo dei prezzi relativi di fattori e prodotti nel determinare la natura del progresso tecnico. Si tratta della verifica empirica della nota ipotesi dell'innovazione indotta, che proprio nel settore agricolo pare rivestire il maggiore interesse pur esistendo risultati empirici contrastanti al proposito (Olmstead e Rhode, 1993). Come noto, gli effetti dei prezzi relativi sulla natura del progresso tecnico secondo questa ipotesi, si realizzano nel lungo periodo e per tale ragione risultano di difficile analisi empirica. L'approccio seguito in queste pagine appare particolarmente adatto allo scopo, in quanto consente di indagare la dimensione dinamica degli effetti delle variabili considerate sulla tecnologia.

La quantità di informazioni che un approccio nonparametrico è capace di fornire, a fronte di limitate assunzioni a priori sulla tecnologia, costituiscono dunque la ragione principale per la quale essa viene impiegata in questa indagine. Tuttavia, come risulterà maggiormente chiaro nel corso del lavoro, la consapevolezza di tali vantaggi non deve far dimenticare i limiti oggettivi del metodo; in particolare, non essendo basato su una procedura statistica, i risultati dell'analisi vanno valutati con particolare prudenza, dal momento che non è possibile verificare quali dei dati emersi risultino essere statisticamente significativi e quali, invece, aleatori. Inoltre, per questa stessa ragione di fondo, il metodo considera ogni osservazione alla stessa stregua e, quindi, risulta essere particolarmente sensibile alle osservazioni anomale se confrontato con le procedure parametriche. Alcuni dei risultati osservati, quindi, possono risultare particolarmente suscettibili alla presenza di errori di misura nei dati impiegati o a shock momentanei in variabili di cui il modello non tiene conto.

Il lavoro è strutturato come segue. Nel secondo paragrafo viene presentata l'originale formulazione dell'approccio nonparametrico alla produzione. Nel terzo paragrafo tale approccio viene adattato allo studio del progresso tecnico nel caso di tecnologia multioutput e multininput. Nel quarto viene introdotto il modello impiegato per la spiegazione del progresso

tecnico in agricoltura secondo una specificazione dinamica; esso si risolve in un problema di ottimizzazione che può essere affrontato secondo i metodi standard. L'applicazione del metodo all'agricoltura italiana e i relativi risultati vengono riportati al paragrafo 5. Alcune generali considerazioni sui risultati e sulla validità del metodo chiudono il lavoro.

## 2. Rappresentazione nonparametrica della tecnologia

Si voglia rappresentare la tecnologia produttiva di una impresa, in un dato momento nel tempo ed in condizioni di equilibrio competitivo con le altre imprese del settore. Tale tecnologia può essere rappresentata come insieme di possibili combinazioni di input ed output; ognuna di queste combinazioni costituisce un vettore di netput. Sia  $x = (x_1, \dots, x_n)$  il vettore ( $n \times 1$ ) dei netput che l'impresa sceglie. Questo può essere ripartito in un vettore degli input  $x_I \leq 0$ , ed in uno degli output  $x_O \geq 0$  tale che  $x = (x_I, x_O)^1$ . Si indichi con  $N = \{1, \dots, n\}$  l'insieme dei netput, dove  $N = \{N_I, N_O\}$  e  $N_I = \{i: x_i \leq 0; i \in N\}$  e l'insieme degli input e  $N_O = \{i: x_i \geq 0; i \in N\}$  quello degli output. La tecnologia produttiva, l'insieme delle possibili combinazioni di netput tecnicamente possibili, venga rappresentata dall'insieme  $F \subset R^n$ ; esso costituisce una rappresentazione multinput e multioutput della tecnologia. L'insieme  $F$  può essere rappresentato con ampia generalità; per l'analisi che segue, si assume che esso sia un insieme non vuoto, convesso e monotonicamente negativo<sup>2</sup>.

Si assuma che l'impresa in questione si comporti razionalmente massimizzando il profitto, sotto il vincolo tecnologico costituito da  $F$ , e che sussista un regime di perfetta concorrenza; in tal caso l'impresa si comporta come price-taker. Sia dunque  $p = (p_1, \dots, p_n) > 0$  il vettore ( $n \times 1$ ) dei prezzi di mercato relativi al vettore di netput  $x$ . Ne consegue che il profitto

<sup>1</sup> Si considera, quindi, negativa la quantità di ogni elemento del vettore di input, mentre è regolarmente positiva per ogni elemento del vettore di output.

<sup>2</sup> L'assunzione di monotonicità negativa implica che per ogni  $x^a \in F$  e  $x^b \leq x^a$  risulta  $x^b \in F$ ; tale assunzione è anche nota come "free disposal". Si tratta di una assunzione le cui implicazioni non sembrano particolarmente rilevanti; viceversa, rilevante è l'assunzione di convessità di  $F$  che impone rendimenti marginali e di scala decrescenti (o comunque non crescenti nel caso di convessità debole).

dell'impresa  $(p^T x)$  è il risultato del seguente problema di massimizzazione:

$$(1) \quad \pi(p) = \max_x \{p^T x: x \in F\}$$

dove  $\pi(p)$  è la funzione di profitto indiretta. L'impresa risolve il problema di ottimizzazione in (1) definendo il livello ottimo di offerta degli output e di domanda dei fattori. Tale soluzione è indicata con  $x^*(p)$ .

Qualora l'impresa, od un aggregato di esse, venga osservata nel tempo, si potrà disporre di  $\tau$  osservazioni relative al suo comportamento decisionale, ove ogni osservazione corrisponde ad una scelta produttiva compiuta in un diverso momento nel tempo. Sia  $T$  l'insieme di queste osservazioni:  $T = \{1, 2, \dots, \tau\}$ . La  $t$ -esima osservazione relativa alle decisioni di impiego di input e produzione di output è indicata dal vettore

$$x_t = (x_{1t}, \dots, x_{nt})'$$

mentre quello dei prezzi allo stesso periodo è

$$p_t = (p_{1t}, \dots, p_{nt})$$

con  $t \in T$ . Sulla scorta di queste osservazioni, l'analisi nonparametrica della tecnologia consente due tipi di approcci. Da un lato è possibile effettuare una analisi normativa, finalizzata ad individuare se il comportamento osservato è massimizzante individuando il divario tra queste scelte osservate e quelle che sarebbero ottimali rispetto alla (1); il

divario tra  $x_t^* = (x_{1t}^*, \dots, x_{nt}^*)'$  e  $x_t = (x_{1t}, \dots, x_{nt})'$  costituisce,

quindi, una utile informazione per testare lo scostamento rispetto ad un comportamento all'ideale. D'altro canto, è possibile anche condurre una analisi di tipo positivo; si assume che l'impresa abbia comportamento ottimizzante e si analizza l'evoluzione delle scelte ottime, coincidenti con quelle osservate, nel tempo. In questo senso, l'analisi nonparametrica costituisce una alternativa all'analisi nonparametrica della tecnologia<sup>3</sup>.

Su questo secondo tipo di analisi si concentra questo studio. Per fare ciò è sufficiente definire una  $F$  che renda i dati osservati razionali in termini di massimizzazione del profitto. Si definisce una  $F$  che razionalizza i

<sup>3</sup> Le analisi parametriche sono tipicamente di tipo positivo: si definiscono le funzioni della tecnologia (funzioni di costo, di profitto, di produzione) coerentemente con un comportamento ottimizzante secondo teoria.

dati  $\{x_t, p_t; t \in T\}$  quella per cui si risulta  $x_t = x^*(p_t)$  per ogni  $t \in T$ . Come può essere ottenuta questa  $F$ ? La teoria della produzione che è alla base di questo approccio fornisce gli elementi necessari. Questa, infatti, definisce il collegamento chiave tra il comportamento osservato e la teoria della produzione che massimizza il profitto secondo la (1). Questo collegamento può essere sintetizzato dalla seguente proposizione (Afriat, 1972; Varian, 1984):

Le seguenti due condizioni sono equivalenti:

a) I dati soddisfano il Weak Axiom of Profit Maximization (WAPM):

$$(2) \quad p_t^T x_t \geq p_t^T x_s$$

per ogni  $s, t \in T$ .

b) Esiste un insieme di possibilità produttive monotono e convesso che razionalizza i dati in  $T$  secondo la (1), e che può essere rappresentato nel seguente modo:

$$(3) \quad F_T = \{x: p_t^T x \leq p_t^T x_t, t \in T; x_x \geq 0, \forall i \in N_0; x_i \leq 0, \forall i \in N_1\}$$

Questa proposizione definisce le condizioni per l'esistenza di un insieme di possibilità produttive che razionalizza le scelte osservate. L'equazione in (2) afferma che il profitto osservato al tempo  $t$  è almeno equivalente al profitto che si sarebbe potuto ottenere usando ogni altra decisione di produzione osservata, e perciò possibile,  $(p_t^T x_s), s \in T$ . Tale affermazione costituisce il *Weak Axiom of Profit Maximization (WAPM)*, che è condizione necessaria e sufficiente affinché i dati osservati  $\{x_t, p_t; t \in T\}$  siano consistenti con la massimizzazione del profitto secondo la (1). Se tale condizione è rispettata, la (3) garantisce la possibilità di definire una rappresentazione della tecnologia  $F_T$  sottostante, e non nota, consistente con i dati osservati. In altre parole, date le osservazioni è possibile "ricostruire" una tecnologia coerente con il WAPM. L'assunzione di fondo di tale approccio è, perciò, il comportamento ottimizzante della impresa; poichè ciò implica il rispetto del WAPM per ogni osservazione,

tale assunzione garantisce che i dati possano essere impiegati per la rappresentazione della tecnologia sottostante. Tuttavia, la proposizione sopra riportata richiede un'altra assunzione piuttosto forte, che implicitamente è alla base della originale formulazione dell'analisi nonparametrica della produzione secondo Afriat e Varian. Assume, cioè, che tutte le osservazioni in  $T$  siano associate alla stessa tecnologia; la tecnologia che si "ricostruisce" è dunque assunta costante nel tempo. Si tratta di un notevole ostacolo all'analisi dell'evoluzione tecnologica e del progresso tecnico. Per poter impiegare l'analisi nonparametrica al caso del progresso tecnico è necessario, quindi, estendere adeguatamente l'approccio.

### 3. Il progresso tecnico nell'analisi nonparametrica

Nell'ambito della descrizione precedente, il progresso tecnico costituisce un problema analitico rilevante. Infatti, in questo caso l'insieme delle possibilità produttive non è più lo stesso nel corso del tempo e quindi tra le osservazioni in  $T$ . Ogni osservazione è potenzialmente associata ad un insieme differente dalle altre; quindi, non vi è possibilità di utilizzare le osservazioni stesse al fine di ricostruire l'insieme  $F_T$ . L'approccio originale secondo Afriat-Varian appare particolarmente utile allorché si dispone di osservazioni cross-section ove l'ipotesi di una unica tecnologia sottostante risulta plausibile. Nel caso si disponesse di serie storiche di prezzi e quantità, risulta invece di scarsa utilità. In questo caso, infatti, secondo la tradizionale visione del progresso tecnico (Solow, 1957), il progresso tecnico si realizza nel tempo determinando lo spostamento verso l'alto della frontiera produttiva, identificandosi con il cambiamento dell'insieme delle possibilità produttive.

Esiste, tuttavia, la possibilità di estendere l'approccio nonparametrico presentato al fine di tener conto del progresso tecnico e al fine di analizzarne le caratteristiche. Il primo passo consiste nel distinguere tra *netput osservati*  $x_t = (x_{1t}, \dots, x_{nt})'$  e *netput efficaci* indicati con  $X_t = (X_{1t}, \dots, X_{nt})'$ , e ridefinire la tecnologia sulla base di questi. Ciò è possibile formulando una *augmentation hypothesis* (Chavas e Cox, 1990). Si assuma che netput osservati ed efficaci siano legati dalla seguente relazione:

$$(4) \quad X_{it} = X(x_{it}, A_{it}), i \in N, t \in T$$

ove  $X(x, \cdot)$  è una funzione crescente one-to-one e  $A_{it}$  è un indice tecnologico associato con l' $i$ -esimo netput e la  $t$ -esima osservazione. La (4) è l'espressione formale della *augmentation hypothesis*: l'indice tecnologico esprime la maggiore efficacia dei netput nel tempo "convertendo" la quantità osservata in una quantità efficace. Su questa base il problema può essere riformulato utilizzando la (4) per riscrivere la (1) nel seguente modo:

$$(5) \quad \pi(p_t, A_t) = \max_x \left\{ p^T x : X(x, A_t) \in F^e \right\}$$

per  $t \in T$ , dove  $A_t = (A_{1t}, \dots, A_{nt})$  è un vettore ( $n \times 1$ ) di parametri. L'insieme di produzione  $F^e \subset \mathbb{R}^n$  nella (5) costituisce la *tecnologia efficace* cioè espressa in termini di netput efficaci:  $X_t \in F^e$  ove  $X_t = (X_{1t}, \dots, X_{nt})$  rappresenta il vettore dei netput efficaci relativo alla  $t$ -esima osservazione con  $X_t = X(x_t, A_{it})$ . Così ridefinito, l'approccio nonparametrico consente l'introduzione di progresso tecnico; ciò avviene mediante gli indici  $A$  che determinano la trasformazione dei netput osservati in netput efficaci.

La tecnologia rappresentata in (5) è ampiamente generale<sup>4</sup>; non impone nessuna restrizione a priori sulla tecnologia efficace  $F^e$ . Inoltre, questa rappresentazione consente di esprimere una tecnologia multioutput e multiinput con progresso tecnico specifico per ogni singolo netput; infatti, cambiamenti degli indici  $A$  possono essere interpretati come distorsioni del progresso tecnico stesso dal momento che i saggi marginali di sostituzione tra i netput sono in generale condizionati dagli indici tecnologici  $A$ .

In quanto one-to-one, la funzione in (4) può essere invertita e espressa come:  $x_{it} = x(X_{it}, A_{it}), i \in N, t \in T$ . Al fine di rendere empiricamente utile l'*augmentation hypothesis*, è tuttavia necessario

<sup>4</sup> In realtà, continua ad essere valida l'assunzione che vuole  $F^e$  un insieme non vuoto, monotono e convesso. Inoltre, implicita alla (4) vi è l'assunzione che il saggio marginale di sostituzione tra ogni  $x_i$  e  $A_i$  sia indipendente dai valori di tutti i  $(x_j, A_j), i \neq j$

formulare una specificazione della funzione  $x(X, A)$ . Data la loro semplicità ed il frequente uso in letteratura, le specificazioni più interessanti sono le seguenti:

- la specificazione moltiplicativa (*scaling hypothesis*):

$$x_i = X_i \cdot A_i$$

- la specificazione additiva (*translating hypothesis*):

$$x_i = X_i + A_i$$

Non esistono indicazioni certe relative alla migliore specificazione; si tratta comunque di una scelta operata a priori. Per semplicità ci si concentrerà sulla ipotesi additiva<sup>5</sup>. In questo caso l'equazione in (5) può essere così riscritta.

$$(6) \quad \pi(p_t, A_t) = \max_x \left\{ p_t^T (X + A_t) : X \in F^e \right\} = p_t^T A_t + \max_x \left\{ p_t^T X : X \in F^e \right\}$$

per  $t \in T$ . L'equazione (6) è un normale problema di massimizzazione del profitto analogo al più tradizionale (1). Nel caso della (6), però, la scelta viene operata in relazione a due parametri: i prezzi e gli indici tecnologici. Quindi la funzione di profitto indiretta ha come argomenti sia i prezzi che gli indici  $A_t$ . Quindi, la sostanziale diversità tra i due problemi è il fatto che la (6) riguarda i netput efficaci  $X$ , non i netput effettivamente osservati. Il WAPM associato alla (6) ed analogo alla (2) sarà:

$$(7) \quad p_t^T X_t \geq p_s^T X_s, \quad s, t \in T$$

oppure nel caso di specificazione additiva:

$$(7') \quad p_t^T [x_t - A_t] \geq p_s^T [x_s - A_s], \quad s, t \in T$$

<sup>5</sup> Nell'ipotesi moltiplicativa, infatti, la (5) diviene  $\pi(p_t, A_t) = \max_x \left\{ p_t^T (X \cdot A_t) : X \in F^e \right\}$  per  $t \in T$ . Il WAPM associato è dunque  $p_t^T x_t \geq p_s^T [x_s A_s / A_t], s, t \in T$ . Al contrario di quanto accade con la (7'), tale espressione non è lineare in  $A$ . Ciò rende l'ipotesi moltiplicativa più difficile da utilizzare empiricamente di quella additiva.

Come in precedenza, dunque, l'assunzione di un comportamento che rispetta il WAPM consente di ricostruire la tecnologia mediante i dati osservati. In questo caso, vi è però un problema in più, ovvero individuare gli indici tecnologici che rispettando la (7') consentono di calcolare i netput efficaci  $X_i = x_i - A_i$ . Questi netput necessariamente soddisfano il WAPM secondo la (7) per ogni  $s, t \in T$ . Dalle equazioni (6) e (7) è chiaro, dunque, che tutti i risultati validi per i netput osservati  $x$  previsti dalla (2) e dalla (3) sono ugualmente applicabili ai netput efficaci  $X$ . In particolare, analogamente alla (3), sarà possibile rappresentare la sottostante tecnologia efficace  $F^e$  sostituendo gli  $X$  agli  $x$ :

$$(8) \quad F_T^e = \left\{ X: p_i^T X \leq p_i^T X_i, t \in T; X_i \geq 0, \forall i \in N_0; X_i \leq 0, \forall i \in N_I \right\}$$

La (8) costituisce una relazione fondamentale; essa consente una rappresentazione della tecnologia coerente con il WAPM e allo stesso tempo che ammette progresso tecnico; essa si rivela utile proprio per lo studio delle caratteristiche di quest'ultimo<sup>6</sup>.

La  $F^e$ , infatti, contiene le informazioni necessarie alla misura dell'aumento di produttività e alla definizione della natura del progresso tecnico. Nel caso di ipotesi additiva, in letteratura i termini  $A$  vengono interpretati in termini di distorsione del progresso tecnico (Chavas *et al.*, 1994). Si consideri, per esempio, il caso di un input,  $x_i \leq 0; i \in N_I$ . Essendo  $X_i = x_i - A_i$ , se risulta  $A_{i,t} \leq A_{i,t'}$  si afferma che il progresso tecnico da  $t$  a  $t'$  è utilizzatore dell' $i$ -esimo input (*input using*); infatti, un più basso livello di  $A_i$  implica che per ottenere lo stesso livello di netput efficace è richiesta una maggiore quantità dell'input (infatti  $-x_i \geq 0$ ). Per le stesse ragioni,  $A_{i,t} \geq A_{i,t'}$  significa progresso tecnico risparmiatore del dato input (*input saving*).

<sup>6</sup> Questo approccio basato sul concetto di effective netputs impiega tutti i dati per la costruzione della tecnologia  $F^e$ ; l'ipotesi, quindi, è che tutte le osservazioni rispettano il WAPM. Come risulterà più chiaro in seguito, ciò viene conseguito proprio mediante la procedura di valutazione degli indici tecnologici  $A$  che rispetta il WAPM in ogni punto.

Si consideri, invece, il caso di un output  $x_i \geq 0; i \in N_0$ . Se risulta  $A_{i,t} \leq A_{i,t'}$ , si conclude che il progresso da  $t$  a  $t'$  è orientato alla riduzione della produzione dell' $i$ -esimo output (*output reducing*); infatti, una quantità minore del dato output può essere ottenuta con la stessa quantità di netput efficace. Allo stesso modo, ottenere  $A_{i,t} \geq A_{i,t'}$  significa progresso tecnico che aumenta la produzione del dato output (*output augmenting*): una maggiore quantità dell'output  $i$ -esimo può essere ottenuta impiegando la stessa quantità di netput efficace  $X$ . Infine, se risulta  $A_{i,t} = A_{i,t'}$  si può concludere che il progresso tecnico è neutrale rispetto all' $i$ -esimo input (o output). Lo stesso livello di netput efficace richiede la stessa quantità dell' $i$ -esimo input; alternativamente, lo stesso livello di output può essere ottenuto impiegando la stessa quantità di netput efficace.

Tale interpretazione, finora prevalente in letteratura, è tuttavia fuorviante. Essa infatti è vera in condizioni di *ceteris paribus* ma l'analisi nonparametrica non è in grado di garantire tali condizioni; quindi gli indici  $A$  non possono essere letti in questa chiave.

In sostanza, l'interpretazione delle  $A$  quali distorsioni tecnologiche non va intesa secondo l'accezione tradizionale del concetto di distorsione tecnologica. Il concetto originale hicksiano fa infatti riferimento alla variazione nell'uso di un fattore *ceteris paribus*, cioè in presenza di un mutamento tecnologico mantenendo il livello dell'output costante. Quindi, la presenza di un fattore per cui si osserva un progresso tecnico distorto in un senso, implica una distorsione in direzione opposta per un altro fattore. In questo caso, invece, la distorsione fa riferimento alla costanza del netput efficace, che tuttavia non è generalmente verificata. Ne consegue, che gli indici tecnologici possono esprimere progresso tecnico utilizzatore di tutti gli input, cosa non possibile secondo l'accezione hicksiana, per il solo fatto che vi è un movimento lungo la frontiera  $F^e$ , cioè un effetto di scala, che determina un generalizzato aumento dell'impiego di tutti gli input. La lettura più appropriata degli indici  $A_{it}$  è quindi una lettura in termini relativi: il progresso tecnico è utilizzatore di un dato input se la diminuzione del suo indice è maggiore di quello degli altri fattori; viceversa, si ha progresso tecnico risparmiatore<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Questa diversa concezione di distorsione tecnologica è necessaria in quanto l'assunzione di *ceteris paribus* è problematica nel caso dell'analisi nonparametrica. Questa per sua natura è incapace di isolare un effetto dall'altro, cioè di individuare effetti parziali.

La rappresentazione nonparametrica della tecnologia così riformulata, non solo permette di tener conto del progresso tecnico, ma può fornire utili indicazioni sullo stesso ed in particolare sulle distorsioni da esso introdotte dal lato sia degli input che degli output. Inoltre, come si specificherà in seguito, consente di misurare l'entità del progresso tecnico stesso nonché verificare alcune ipotesi sulle cause che l'hanno generato. Per fare ciò, è necessario riferire l'analisi allo specifico caso del settore agricolo.

#### 4. Un modello per il progresso tecnico in agricoltura

Sulla scorta di quanto emerso nei paragrafi precedenti, si può affermare che l'entità e la natura del progresso tecnico possono essere indagati mediante gli indici  $A$  che soddisfano la (7'). Formulare e verificare ipotesi su quali siano le cause che determinano i parametri  $A$ , significa formulare ipotesi sui meccanismi che generano progresso tecnico.

Tra le convinzioni più frequentemente espresse in letteratura, vi è quella secondo la quale principale causa del progresso tecnico sia l'introduzione di innovazioni provenienti dagli investimenti in R&S. Numerose verifiche empiriche di tale rilevanza sono riportate in letteratura, anche relativamente al settore agricolo italiano (Esposti e Pierani, 1997). Tuttavia, alcune importanti questioni rimangono aperte e richiedono ulteriori indagini. In particolare, il fatto che la R&S sia una causa del progresso tecnico risulta una informazione molto parziale ai fini di decisioni di politica economica. Quale è il rendimento di tali investimenti? Con quali ritardi rispetto alla spesa si manifestano i benefici? E' sufficiente investire in ricerca per introdurre innovazioni nella realtà produttiva?

La risposta ai primi due quesiti richiede la verifica dei ritardi con cui gli effetti della R&S si realizzano; è necessaria quindi una formulazione della realizzazione nel tempo di questi effetti. L'ultimo quesito appare a sua volta rilevante, sebbene piuttosto trascurato in letteratura. Eppure in gran parte delle agricolture, siano esse sviluppate o meno, allo sforzo di creazione di innovazioni si accompagna anche uno sforzo di divulgazione delle stesse e assistenza tecnica ai produttori (da qui in poi A&D); ciò al fine di rendere l'innovazione realmente disponibile e proficua a livello di azienda. Per tale ragione, risulta rilevante comprendere quale sia l'efficacia della spesa in assistenza tecnica e divulgazione e il realizzarsi dei suoi benefici nel tempo.

L'enfasi posta sulla spesa in R&S e A&D, pone a sua volta un altro quesito. Il progresso tecnico in agricoltura è del tutto esogeno al settore? E' pensabile, pur ammettendo l'incapacità dei singoli produttori agricoli di

sviluppare innovazioni in proprio, che esista una forma di condizionamento da parte del mondo produttivo dei percorsi di sviluppo tecnologia stessa. Il modo con cui di norma si pone il problema è quello dell'esistenza o meno di meccanismi indotti di innovazione.

La teoria dell'innovazione indotta, in particolare, prevede che le caratteristiche del progresso tecnico e la sua distorsione siano determinate dai prezzi relativi di fattori e prodotti. Scarsità di un dato fattore, segnalata dal mercato dall'aumento del suo prezzo relativo, costituisce uno stimolo per l'attività innovativa all'introduzione di innovazioni risparmiatrici dell'input. Viceversa, un segnale di gradimento di un dato prodotto determinato da un aumento del suo prezzo relativo, induce un progresso tecnico orientato all'aumento di questo prodotto. Questa ipotesi implica, dunque, che i prezzi relativi determinano, almeno in parte, l'impatto dell'investimento in R&S ed A&D.

Queste diverse possibili fonti e spiegazioni del progresso tecnico vengono concretizzate nel seguente modello di specificazione delle  $A$ :

$$(9) \quad A_{it} = \alpha_{it} + \sum_{j=0}^m \left\{ \left[ \beta_{ij} + (P_{i,t-j} - 1) \gamma_{ij} \right] R_{t-j} \right\}, \quad i \in N, \quad t \in T$$

dove:

$R_{t-j}$  è un vettore ( $k \times 1$ ) relativo agli investimenti in R&S e A&D. In questo contributo si considera solo la R&S pubblica, non esistendo dati sulla ricerca privata italiana in agricoltura; analogamente, si fa riferimento alla spesa in assistenza tecnica degli enti pubblici. Quindi risulta  $k = 2$  ed  $R = (R\&S, A\&D)$ ;

$P_{i,t-j}$  è l'indice di prezzo relativo per l' $i$ -esimo netput al tempo  $t-j$ ;

$\alpha_{it}$  è una intercetta rappresentante il valore assunto da  $A$  in assenza di investimenti in ricerca e divulgazione;

$m$  è il massimo numero di ritardi tra l'investimento in R e l'impatto in termini di produttività;

$\beta_{ij}$  è un vettore di parametri ( $1 \times k$ ) che misura l'effetto marginale di

$R_{t-j}$  su  $A_{it}$  quando i prezzi relativi sono costanti (cioè

$P_{i,t-j} = 1$ );

$\gamma_{ij}$  è un vettore di parametri (1 x k) che misura l'interazione di  $P_{i,t-j}$  e  $R_{t-j}$  nel determinare  $A_{it}$ .

Quindi,  $\gamma_{ij} = 0$  implica che i prezzi relativi non sono rilevanti nell'orientare l'effetto di ricerca e divulgazione; quindi la teoria dell'innovazione indotta risulta non consistente in questo caso. Infatti, questa implica che, assumendo  $\partial A_{it} / \partial R_{t-j} > 0$ , risulti  $\gamma_{ij} > 0$ . Da notare che questa specificazione soddisfa la definizione hicksiana di progresso tecnico indotto. Infatti, un  $\gamma_{ij} > 0$  significa che un maggiore investimento in ricerca e divulgazione determina un maggiore valore della  $A_{it}$ . Dal lato degli input ciò implica un progresso tecnico che risparmia il fattore. Quindi, l'effetto di un maggiore prezzo relativo dell'input determina un maggiore impatto delle variabili  $R_{t-j}$  nel senso di un risparmio nell'uso del fattore. Analogamente, dal lato degli output un aumento del prezzo relativo produce un maggiore impatto di ricerca e divulgazione sul termine  $A$ . L'aumento di questo implica un progresso tecnico orientato maggiormente verso output in questione. Quindi, la (9) costituisce una rappresentazione che consente di verificare la validità dell'ipotesi di innovazione indotta: un valore di  $\gamma_{ij}$  maggiore di 0 verrà interpretato come una conferma di validità della ipotesi; se viceversa  $\gamma_{ij}$  risulta uguale o inferiore a 0 la ipotesi di innovazione indotta risulterà inconsistente rispetto ai dati osservati.

Ciò che è particolarmente rilevante della (9), tuttavia, è il fatto che essa consente di verificare le ipotesi di generazione di progresso tecnico secondo una specificazione dinamica. L'impatto di ricerca e divulgazione è, infatti, variabile nel tempo, nell'ambito dei ritardi ex-ante definiti<sup>8</sup>. Allo stesso modo, variabile risulta essere l'effetto della variazione dei prezzi relativi. Una formulazione di questo tipo, quindi, non solo permette di verificare se le variabili al secondo membra della (9) sono rilevanti o meno; permette anche di analizzare la loro azione nel tempo.

La possibilità di indagine degli effetti dinamici è data dal fatto che i parametri della (9) variano liberamente nel tempo. Non vengono cioè

<sup>8</sup> Per dinamica non si intende nessuna relazione della variabile  $A_{it}$  con i suoi valori ritardati; si tratta di una relazione completamente deterministica che si intende dinamica in quanto l'azione delle esogene si propaga nel tempo; nessun effetto stocastico delle endogene ritardate è considerato.

imposti parametri *time-invariant*. Tuttavia, l'ampia libertà di variazione dei parametri può costituire una difficoltà in sede di interpretazione dei risultati. Perciò, onde ottenere andamenti dei parametri di più facile interpretazione, vengono posti alcuni vincoli relativamente alla loro evoluzione nel tempo<sup>9</sup>.

In primo luogo, viene imposto un vincolo di progresso tecnico non regressivo relativamente agli output; si assume, cioè, che per ogni output il progresso tecnico determina una diminuzione (o comunque non un aumento) del livello di input necessario ad ottenere una data quantità del prodotto. Ciò viene imposto mediante tale relazione<sup>10</sup>:

$$(10a) \quad A_{it} \geq \frac{\sum_{j=1}^r A_{i,t-j}}{r}, \quad i \in N_0$$

In secondo luogo, viene imposta una restrizione alla variazione di  $\beta, \gamma$  in modo che essi seguano una specificazione *spline*. Per specificazione *spline*, si intende una funzione continua e lineare spezzata. Formalmente tali restrizioni sono:

$$(10b) \quad \beta_{ij} = f_{\beta i}(j), \quad j \in [0, m]$$

$$(10c) \quad \gamma_{ij} = f_{\gamma i}(j), \quad j \in [0, m]$$

dove  $f(j)$  e  $f(t)$  denotano funzioni *spline*.

Infine, pur permettendo agli indici  $A$  di assumere qualsiasi segno, si impone che l'impatto marginale di ricerca e divulgazione sia comunque non-negativo<sup>11</sup>:

<sup>9</sup> Tali restrizioni in quanto assicurano maggiore regolarità negli andamenti dei parametri sono anche note come *smoothing restrictions*.

<sup>10</sup> L'indice tecnologico al tempo  $t$ , quindi, risulta maggiore della media dello stesso nei precedenti  $r$  anni. In questo modo pur ammettendo diminuzione di  $A$  nel breve periodo, si garantisce progresso tecnico positivo per ogni output nel lungo periodo.

<sup>11</sup> Per quanto sia possibile ottenere un impatto marginale negativo (Esposti e Pierani, 1997), sembra poco plausibile ritenere che investimenti in ricerca e divulgazione abbiano effetto di regresso tecnico. E' piuttosto legittimo pensare che tale impatto sia scarso o addirittura nullo; la (10d) non esclude questa eventualità.

$$(10d) \quad \partial A_{it} / \partial R_{t-j} = \beta_{ij} + (P_{i,t-j} - 1) \gamma_{ij} \geq 0$$

Quale criterio adottare per la scelta dei parametri  $\alpha, \beta, \gamma$  che contribuiscono a definire  $A$ ? Come specificato, in presenza di progresso tecnico, è possibile ridefinire una tecnologia coerente con il WAPM secondo la (8). L'obiettivo è, quindi, individuare i valori  $A, \alpha, \beta, \gamma$  al fine di ricostruire sulla scorta dei dati osservati la tecnologia  $F_T^e$  nel rispetto del WAPM. Ciò si traduce nell'individuare i parametri in modo tale che la  $F_T^e$  della (8) sia il più possibile vicino ai dati osservati rispettando il WAPM nella (6) in ognuna delle osservazioni. Quindi vengono considerati i parametri che risolvono il seguente problema di ottimizzazione:

$$(11) \quad \min_{A, \alpha, \beta, \gamma} \left\{ \sum_{i \in N} \left[ \sum_{t \in T} \alpha_{it}^2 + \sum_j (\beta_{ij}^2 + \gamma_{ij}^2) \right]; (7), (9), (10); \right. \\ \left. (x_{it} - A_{it}) \geq 0, i \in N_0; (x_{it} - A_{it}) \leq 0, i \in N_1; t \in T \right\}$$

I parametri del problema vengono dunque individuati in modo che gli  $A$  così definiti rispettino il WAPM e la relazione tra gli stessi sia quella espressa dalla (9) secondo le restrizioni specificate dalle (10)<sup>12</sup>.

La (11) costituisce un problema di ottimizzazione che può essere risolto secondo le procedure standard per questo tipo di problemi<sup>13</sup>. I parametri così ottenuti consentono di definire gli  $A$  e i netput efficaci  $X_i = x_i - A_i$  coerentemente con il WAPM e i dati osservati.

La soluzione della (11) consente quindi di definire gli indici tecnologici per ogni netput ed in ogni periodo  $t$  secondo la (9). Inoltre, consente di definire gli effetti dinamici di ricerca e divulgazione e il ruolo

<sup>12</sup> Sebbene non sia una scelta univoca, la minimizzazione della (11) consente di scegliere parametri che definiscono una tecnologia e relazioni tra le variabili del modello che, nel rispetto della teoria e dei vincoli, si avvicini il più possibile ai dati osservati. In sostanza, la (11) seleziona i parametri che definiscono il minor cambiamento tecnologico compatibile con il rispetto del WAPM impiegando un criterio dei minimi quadrati (Chavas et al., 1994).

<sup>13</sup> Si tratta di una procedura standard di programmazione quadratica risolta impiegando il software GAMS/MINOS.

della variazione dei prezzi relativi. Queste informazioni, tuttavia, non consentono di definire il rendimento dell'investimento in R&S e A&D. Per poter fare ciò è necessario quantificare in termini monetari il beneficio (se tale è) che queste spese producono. Tale beneficio altro non è che il progresso tecnico generato. Quindi, è necessario individuare un metodo di misurazione del progresso tecnico per poi quantificarlo in termini monetari.

Seguendo Caves et al. (1982) e Chavas e Cox (1994) è possibile definire, sulla scorta degli  $A$  individuati, un indice di produttività capace di quantificare il progresso tecnico secondo la (9). Si assuma che tutte le osservazioni siano prodotte da comportamenti tecnicamente efficienti; siano, cioè, tutte sulla frontiera dell'insieme delle possibilità produttive disponibile al momento a cui l'osservazione si riferisce. Lo spostamento da questa frontiera osservato nei periodi successivi, è effetto del progresso tecnico e l'aumento di produttività può essere definito attraverso una qualche misura della distanza da questa frontiera<sup>14</sup>. Si consideri il problema dal lato degli input. Si può definire il seguente indice di produttività:

$$(12) \quad Q(x) = \min_k \{k: (x_0, -kx_t) \in F, k \in \mathbf{R}^+\}$$

Per una data osservazione  $x = (x_0, x_t)$ ,  $Q$  è il più piccolo indice necessario per scalare gli input  $x_t$  al fine di rendere possibile produrre il vettore di output  $x_0$  secondo la tecnologia di riferimento  $F$ . Quindi, un valore  $Q > 1$  indica che il vettore di netput osservato  $x = (x_0, x_t)$  impiega una tecnologia migliore rispetto alla tecnologia  $F$  di riferimento. In termini di tecnologia efficace  $F_T^e$  definita dalla (8), l'indice precedente può essere così riscritto:

$$(13) \quad Q(x, A) = \min_k \left\{ k: (p_\alpha^T x_0 + p_h^T(kx_t)) \leq p_i X_i; X_i = x_i - A_i; t \in T, k \in \mathbf{R}^+ \right\}$$

L'indice così calcolato costituisce una misura radiale della distanza tra l'osservazione e la tecnologia  $F_T^e$ .

<sup>14</sup> Tale distanza può essere definita dal lato degli input o degli output (Chavas e Cox, 1992) ovvero come minori input richiesti per ottenere un certo output, oppure maggiore output ottenuto data una quantità di input.

L'indice di produttività ha una legittima interpretazione in termini di variazione di costo in seguito al progresso tecnologico (Caves *et al.*, 1982). Se  $(Q - 1) > 0$ , questo valore indicherà il risparmio in termini di riduzione percentuale di costo che il progresso tecnico ha determinato passando dalla tecnologia di riferimento  $F$  a quella corrente. Quanto di questo risparmio è attribuibile alle variabili della (9)? L'indice  $Q(x, A)$   $\Pi$  funzione degli indici  $A$  che sono a loro volta funzione di spesa in R&S e A&D secondo la (9).

Il loro rendimento, quindi, può essere calcolato simulando, in un dato anno, una variazione di spesa e valutando sulla base della (9) e dei parametri calcolati dalla (11) la variazione di  $Q(x, A)$  prodotta e quindi il relativo risparmio di costo<sup>15</sup>. Poiché l'azione di tali variabili si realizza con una determinata struttura dei ritardi, tale risparmio sarà la somma capitalizzata dei risparmi annuali prodotti. Il rendimento viene perciò calcolato come *tasso di rendimento interno* dell'investimento che nel discreto sarà così espresso (Chavas e Cox, 1990):

$$(14) \quad TRI = \left( \sum_{i=1}^m (\Delta C_{t+i} / \Delta R_t) \right)^{\frac{1}{m}} - 1$$

Ove  $\Delta C_{t+i}$  è il risparmio di costo,  $\Delta R_t$  rappresenta l'investimento aggiuntivo realizzato al tempo  $t$  ed  $m$  il periodo in cui questo investimento è efficace<sup>16</sup>.

Il metodo descritto nelle pagine precedenti è stato applicato all'agricoltura italiana; i risultati di questa applicazione sono riportati nella sezione successiva.

<sup>15</sup> Si assume quindi che i parametri  $\beta$  e  $\gamma$  rimangono invariati in seguito allo "shock" intervenuto.

<sup>16</sup> In breve, la procedura utilizzata comporta un incremento simulato del 10% della spesa in A&D e in R&S nell'anno 1976. Attraverso la (9) vengo rimisurati gli indici tecnologici  $A$ ; questi nuovi indici consentono di calcolare sulla base della (13) il nuovo indice di TFP. L'incremento in questo indice per ognuno degli anni in cui la nuova spesa è efficace, consente di calcolare il maggiore risparmio in termini di costo e quindi il rendimento secondo la (14).

## 5. Il progresso tecnico dell'agricoltura italiana

### 5.1. I dati

Una analisi del progresso tecnico secondo le linee presentate nelle sezioni precedenti, richiede la disponibilità di una serie storica di dati piuttosto ampia; infatti, il periodo a cui viene estesa l'analisi, è condizionata dalla disponibilità di dati sufficiente a coprire anche la struttura dei ritardi ipotizzata nell'indagine. E', quindi, la disponibilità delle variabili con ritardi nella (9) che risulta essere limitante. Nel nostro caso si dispone dei dati relativi a spesa pubblica in R&S e A&D a partire dal 1956. Poiché si è considerato un ritardo massimo di 15 anni, l'analisi viene condotta per il ventennio 1971-1991<sup>17</sup>.

I dati su prezzi e quantità sono ottenuti dalla banca dati AGRIFIT (Caiumi *et al.*, 1995). Su questa sono state operate aggregazioni delle quantità di output ed input mediante indici di Tornqvist. Gli indici di prezzo sono ottenuti come indici impliciti, così che il prodotto di indice di prezzo e quantità sia uguale alla spesa. Sono stati presi in considerazione i seguenti aggregati di output: cereali (CER), produzioni orticole (VEG), produzioni frutticole (FRU), altre produzioni da pieno campo (OTH)<sup>18</sup>, produzioni animali (ANI), produzioni foraggere (FOD). Da lato degli input gli aggregati considerati sono i seguenti: capitale (KAP), terra (TER)<sup>19</sup>, lavoro familiare (ULI), lavoro salariato (ULD), input per la produzione vegetale (FIN), input per la produzione animale (SIN), altri input (MIX)<sup>20</sup>.

Le variabili impiegate quali determinanti degli indici  $A$  secondo la (9), sono la spesa pubblica in ricerca e sviluppo in agricoltura (R&S) e in assistenza tecnica e divulgazione (A&D). Nel primo caso i dati sono relativi alla spesa per ricerca del Ministero dell'Agricoltura e Foreste, degli Istituti pubblici di ricerca e delle Università (Facoltà di Agraria e Medicina Veterinaria). Nel secondo, le fonti della spesa sono il Ministero dell'Agricoltura e Foreste e gli enti locali (Regioni e Provincie) con

<sup>17</sup> Si tratta di una soluzione di compromesso; in letteratura i lags considerati variano tra i 15 ed i 30 anni. Numerosi lavori indicano in un periodo di 30 l'intervallo ottimale (Chavas e Cox, 1992) soprattutto relativamente agli effetti della ricerca di base. Considerare una specificazione con maggiori ritardi, tuttavia, riduce il periodo in cui l'analisi può essere condotta. Nel nostro caso, si è scelto perciò un ritardo massimo di 15 anni. Questo appare motivato anche dal fatto che la ricerca agricola pubblica italiana è solo in minima parte orientata a ricerca di base, tipicamente caratterizzata da effetti anche nel lunghissimo periodo.

<sup>18</sup> Le produzioni principali che rientrano in questo aggregato sono colture industriali quali barbabietola, pomodoro, oleaginose.

<sup>19</sup> Si intende la terra nuda, senza miglioramenti fondiari.

<sup>20</sup> La voce principale di questo aggregato è la spesa in energia.

competenza in materia. I dati sono parte di fonte ISTAT e parte ricavati dai bilanci ministeriali<sup>21</sup> e vengono espressi in miliardi di lire a prezzi 1985. Poiché il lag massimo considerato per R&S e A&D è di quindici anni, risulta nella (9)  $0 \leq j \leq 15$ . Il prezzo relativo  $P_i$  nella (9) è calcolato come rapporto tra indice di prezzo dell' $i$ -esimo input (output) e l'indice aggregato di Tornqvist relativo a tutti gli input (output).

Le restrizioni previste dalle (10) sono state così specificate. Nella (10a) è stato considerato  $r = 5$ ; quindi si impone che l'indice  $A$  relativo agli output sia almeno uguale alla media dell'indice stesso nei cinque anni precedenti. Le funzioni spline secondo le restrizioni (10c) e (10d) prevedono segmenti lineari di tre anni; il valore dei parametri  $\beta, \gamma$  è posto uguale a 0 nell'anno iniziale ( $j = 0$ ) e finale ( $j = 15$ ).

## 5.2. I risultati

Nelle pagine successive vengono presentati i risultati dell'applicazione del modello all'agricoltura italiana. In figura 1 e 2 sono rappresentati in grafico gli indici  $A$  secondo la loro evoluzione temporale per i diversi aggregati di output ed input. In primo luogo si rileva che tutti gli indici relativi agli output sono crescenti; ciò è in qualche modo un risultato atteso<sup>22</sup>; essi infatti indicano che l'evoluzione tecnologica ha coinvolto tutte le produzioni; l'evoluzione della tecnologia tende, quindi, ad incrementare il livello di produzione di tutti i diversi aggregati. Ciò, però, avviene in maniera differenziata. Il settore delle produzioni animali risulta il più dinamico in termini tecnologici. Viceversa, appaiono poco coinvolte dall'evoluzione tecnologica altre produzioni rilevanti quali cereali e le altre produzioni da pieno campo (OTH). In generale, il progresso tecnico risulta dal lato degli output distorto a favore di produzioni intensive di lavoro, quali produzioni animali e ortofrutticole per le quali si osserva un maggiore aumento di produttività rispetto alle produzioni estensive di pieno campo e le foraggere.

Dal lato dei fattori, si evidenzia un progresso tecnico marcatamente utilizzatore di capitale, essendo la dinamica dell'indice  $A$  per questo superiore agli altri fattori. Viceversa sembra di poter affermare che il progresso tecnico è, nell'arco del periodo studiato, risparmiatore di terra e

<sup>21</sup> Poiché i dati fanno riferimento prevalentemente a stanziamenti piuttosto che effettivi pagamenti, si sono considerate medie mobili triennali centrate nell'anno in questione, al fine di meglio rappresentare l'effettivo flusso di risorse.

<sup>22</sup> E' certamente dovuto anche al vincolo della (10a); questo, tuttavia non esclude che l'indice  $A$  sia non crescente.

lavoro sia autonomo che salariato<sup>23</sup>. Il loro indicatore tecnologico al 1991 e sostanzialmente lo stesso del 1971. Tuttavia, mentre per la terra il comportamento dell'indice tecnologico è regolare, nel caso del lavoro il dato finale è il risultato di una netta inversione di tendenza che si registra negli anni '80. Negli anni '70, infatti, per questo fattore si registra una diminuzione dell'indice  $A$ , che segnala progresso tecnico utilizzatore dello stesso; successivamente si registra un progresso tecnico chiaramente risparmiatore. Analogo andamento si osserva per i vari aggregati relativi ai mezzi tecnici (FIN, SIN e MIX).

Questo confermerebbe che gli anni '80 costituiscono una importante inversione di rotta nell'agricoltura italiana; il modello tradizionale di produzione fondato sull'impiego intensivo di lavoro familiare e ridotta capitalizzazione, lascia il posto per via dell'evoluzione tecnologica ad un modello di agricoltura maggiormente basato su capitale e uso più intensivo della terra.

Nelle figure 3, 4, 5, 6 sono riportati i valori ottenuti per i parametri  $\beta$  e  $\gamma$  per output e input relativamente alla spesa in ricerca.  $\beta$  rappresenta l'impatto di R&D indipendentemente dai prezzi relativi. Gli impatti maggiori riguardano quegli aggregati che risultano, come già evidente dalle figg. 1 e 2, maggiormente dinamici in termini di evoluzione tecnologica. Dal lato degli output, produzioni animali e ortofrutticole mostrano i valori più elevati degli impatti.

Interessante notare che lo sviluppo degli impatti nel tempo tende ad essere qualitativamente abbastanza omogeneo tra gli input e tra gli output, mentre una significativa differenza si evidenzia tra i due gruppi. Dal lato degli output, la R&S sembra avere efficacia quasi immediata e l'azione tende a conservarsi per tutto il periodo di lag considerato, sebbene l'impatto maggiore si realizzi nei primi anni.

Dal lato degli input, viceversa, l'impatto della R&S sembra più concentrato, realizzandosi prevalentemente tra i 6 ed i 12 anni di lag con un massimo intorno ai 9 anni. Gli impatti più significativi riguardano capitale, lavoro familiare ed input per la produzione animale, mentre è poco significativo il dato relativo alla terra. I risultati in entrambi i casi, comunque, sembrano indicare che gli effetti possano manifestarsi con ritardi

<sup>23</sup> Come precisato nel paragrafo 3, ciò che è rilevante ai fini della distorsione tecnologica non è il movimento dell'indice  $A$  in termini assoluti quanto in termini relativi rispetto agli altri fattori; nel presente caso, è chiaro che il dato relativo al lavoro indica progresso tecnico risparmiatore di lavoro e terra e utilizzatore di capitale.

che vanno anche oltre i 15 anni considerati; infatti, i valori al quattordicesimo anno di lag risultano talora elevati<sup>24</sup>.

I parametri  $\gamma$  evidenziano, invece, l'azione dei prezzi relativi sull'impatto della R&S. Sono quindi utili alla verifica della consistenza dell'ipotesi di innovazione indotta. Dal lato degli output l'innovazione indotta sembra essere una ipotesi valida soprattutto per produzioni animali, frutticole e orticole. Il fatto che l'innovazione indotta sia consistente dal lato degli output non stupisce, dal momento che questa richiede la presenza di mercati attivi che mediante i segnali di prezzo, veicolino il cambiamento nei rapporti di convenienza economica tra le produzioni. Tale condizione di attività e funzionalità dei mercati è di solito garantita nell'ambito delle produzioni agricole.

Dal lato dei fattori, i risultati appaiono più contraddittori. Si ottengono valori negativi del parametro relativamente ai primi anni; successivamente si registrano valori positivi ma quantitativamente rilevanti solo per alcuni fattori. La mancanza di mercati attivi per alcuni fattori di produzione (come nel caso della terra e per parte del lavoro) di fatto rende talora poco plausibile l'ipotesi di innovazione indotta. In questo caso, l'incerto effetto dei prezzi relativi sugli impatti della R&S sembra indicare che le forze di mercato non ricoprono il ruolo principale nel determinare la direzione del progresso tecnologico.

In figura 7, 8, 9, 10 vengono riportati gli analoghi parametri relativi alla spesa in divulgazione (A&D)<sup>25</sup>. In generale, i risultati sembrano evidenziare un minore impatto rispetto alla R&S. Per mettere in risalto ciò, nelle figure presentate sono state mantenute le scale adottate dal lato della R&S. Per quanto riguarda gli input, due appaiono i dati significativi. Da un lato, parzialmente sorprendente è la struttura dei ritardi che indicherebbe che l'efficacia di tale spesa si manifesta con maggiore ritardo rispetto alla spesa in R&D; gli effetti sono significativi tra i 6 ed i 15 anni con un massimo prevalentemente intorno ai 12. In secondo luogo, gli impatti sono piuttosto contenuti se si esclude il capitale ed il lavoro autonomo. I parametri  $\gamma$  relativamente agli input sembrano ulteriormente confermare la dubbia validità dell'ipotesi dell'innovazione in questo caso; infatti i valori dei

<sup>24</sup> Si ricorda che i parametri sono fissati a 0 agli estremi dell'intervallo temporale considerato per i ritardi.

<sup>25</sup> Anche nel caso della A&D si è voluto considerare la possibilità di una azione dei prezzi relativi sull'impatto della spesa. Ciò sembra opportuno dal momento che si tratta di una spesa pubblica. Se è plausibile pensare che il decisore pubblico orienti le risorse di R&S verso quelle produzioni che appaiono più vantaggiose e verso quegli input che risultano maggiormente scarsi, ciò è probabilmente vero anche per la spesa in A&D.

parametri assumono in alcuni casi segno negativo e sono comunque in generale di scarsa entità.

Dal lato degli output, invece, sia  $\beta$  che  $\gamma$  sembrano indicare che l'assistenza tecnica gioca un ruolo non irrilevante, sebbene risulti meno incisiva della R&S. Anche in questo caso, risulta che la spesa in A&D diventa efficace con maggiore ritardo rispetto a quella in R&S; l'impatto maggiore si registra tra i 6 ed i 12 anni ed appare più uniformemente distribuito rispetto agli input. Quindi, sulla scorta dei risultati ottenuti, si può concludere che la divulgazione appare efficace nell'orientare i produttori verso gli output tecnologicamente più dinamici, mentre non sembra particolarmente incisiva nel condizionare l'impiego degli input.

Al fine di verificare la diversa efficacia di R&S e A&D nel determinare crescita tecnologica è, comunque, necessario quantificare il rendimento di un investimento in R&S o divulgazione. Per far ciò è tuttavia indispensabile disporre di una misura della variazione di produttività, cioè del progresso tecnico. Ciò viene fatto seguendo la (13).

L'indice di produttività dei fattori secondo una procedura nonparametrica è presentato in figura 11 ove viene confrontato ad altre misure di produttività e progresso tecnico ottenute per l'agricoltura italiana. Tra queste, la tradizionale Produttività Totale dei Fattori (TFP) ottenuta approssimando gli indici di Divisia con indici di Tornqvist e l'indice di Divisia corretto, che costituisce una misura che ricalcola la TFP considerando quasi-fissi alcuni fattori, tenendo conto del fatto che variazione di produttività può essere dovuta alla variazione di capacità utilizzata di questi piuttosto che al progresso tecnico (Pierani e Rizzi, 1995; Esposti e Pierani, 1995).

La misura MIMIC, infine, è il risultato di un approccio sostanzialmente differente rispetto agli altri che assume il livello della tecnologia come variabile latente e stima il tasso di variazione di questa (Esposti e Pierani, 1997).

In primo luogo, si osserva che la misura nonparametrica ed il tradizionale indice di Divisia hanno andamento piuttosto simile; in effetti, la misura secondo la procedura nonparametrica indica un tasso annuale medio di progresso tecnico di 1,51%. Si tratta di una misura leggermente inferiore alla misura tradizionale dell'indice TFP indica 1,65%; anche considerando i due decenni (71-81 e 81-91) i risultati sono molto simili; nel caso nonparametrico si registra in entrambi i decenni un incremento medio annuo dell'1,5% mentre risulta 1,5% e 1,8% rispettivamente nel caso della

tradizionale TFP<sup>26</sup>.

Ben più nette le differenze rispetto agli altri due metodi; nel caso della TFP corretta il dato medio è del 2,6% e per il MIMIC del 3%; questa differenza è in gran parte da imputare agli anni '80; come si può vedere dalla figura, le varie misure non si discostano di molto nel periodo '71-'81 (tasso medio del periodo 1,9% per il MIMIC e 2% per la TFP corretta) mentre si osserva un ampio divario nel periodo '81-'91 (4% per il MIMIC e 3,2% per la TFP corretta).

Quindi, l'enfasi posta sul problema della corretta approssimazione all'indice di Divisia non sembra essere così rilevante in questo caso. Divari ben maggiori si osservano, infatti, quando si considerano approcci sostanzialmente differenti, come nel caso della TFP corretta e del MIMIC. Questo a sostegno dell'idea che il problema della misura del progresso tecnico non risiede tanto negli aspetti tecnici, talvolta aridi, relativi alle approssimazioni impiegate, quanto piuttosto nel modo con cui la crescita tecnologica viene rappresentata e quindi misurata.

In figura 12 vengono posti a confronto gli indici di produttività calcolati secondo l'approccio nonparametrico per l'agricoltura italiana e per quella statunitense (Chavas e Cox, 1994). Tale confronto è condotto limitatamente al periodo 1971-1982, essendo i dati statunitensi disponibili solo fino a questa epoca. In entrambi i casi si nota una certa irregolarità della crescita. In linea generale, tuttavia, la crescita dell'agricoltura italiana è in linea rispetto al dato statunitense, sebbene il periodo ridotto a cui è possibile estendere il confronto non consente di esprimere netti giudizi al proposito.

Come risulta dalla (13), la misura della produttività in questo approccio è funzione degli indici  $A$  calcolati secondo la (12). Essendo questi funzione di spesa in R&S e A&D, incremento della spesa produce un effetto in termini di produttività. L'obiettivo è quantificare questo incremento. Per far ciò, si è impiegata la procedura spiegata al paragrafo 4.

Il metodo impiegato permette di evidenziare la distribuzione del tempo degli impatti di un investimento in R&S e A&D. Questi vengono presentati in figura 13. Emerge nettamente il maggiore impatto marginale della spesa in R&S. Per quest'ultima, la massima efficacia si registra dopo 6 anni mentre nel caso della A&D il picco si osserva al settimo anno. In generale, l'impatto della spesa in divulgazione sembra manifestarsi con maggior ritardo e si sviluppa con una certa regolarità. Nel caso della R&S,

<sup>26</sup> Il fatto che le due misure siano così simili in realtà non sorprende. La misura nonparametrica, infatti, altro non è che un indice di produttività di Malmqvist; si tratta di un indice superlativo al pari di quello di Tornqvist e se quest'ultimo, e la funzione translog che lo giustifica, sono buone approssimazioni della reale tecnologia, la differenza tra le due misure risulta inevitabilmente molto contenuta.

invece, si osserva efficacia già nei primi anni, un successivo calo ed una ripresa di efficacia negli ultimi anni del lag.

Anche questo dato suggerisce che il ritardo di 15 anni considerato risulta limitante per analizzare l'effetto della spesa in R&S. I risultati, peraltro, non sembrano molto diversi da analoghe indagini per altre agricolture (Chavas e Cox, 1994). In questi casi il massimo effetto della R&S si registra dopo 6 anni, in linea con quanto emerso per l'agricoltura italiana<sup>27</sup>.

Per quanto riguarda il tasso di rendimento interno, si registra un tasso del 23% per la R&S e del 13% per la A&D. Ciò conferma la maggiore efficacia della prima rispetto alla seconda in termini di aumento di produttività che è in grado di generare nel settore<sup>28</sup>. Non si hanno termini di paragone in letteratura relativamente alla spesa in divulgazione. Per quanto riguarda la R&S, il risultato appare in linea con analoghi studi relativi alla agricoltura statunitense (Griliches, 1958; Evenson, 1967; Knutson and Tweeten, 1979, Chavas e Cox, 1992; Chavas e Cox, 1994), limitatamente alla spesa pubblica, sebbene il rendimento qui calcolato risulta leggermente inferiore. In generale, comunque, si conferma l'elevato rendimento degli investimenti in R&S già emerso in numerosi contributi empirici.

## 6. Conclusioni

Il metodo presentato è una applicazione dell'analisi nonparametrica della produzione. Si tratta di un filone di studio recente, che consente di superare alcuni limiti della tradizionale analisi della produzione di stampo neoclassico. Nessuna specifica forma funzionale è infatti, assunta a rappresentare la funzione di produzione, né requisiti di derivabilità della stessa sono richiesti. L'unica assunzione necessaria è l'esclusione a priori di rendimenti crescenti.

<sup>27</sup> Va detto che in questi casi il dato della R&S riguarda sia la ricerca privata che pubblica. Limitandosi solo alla ricerca pubblica, gli studi citati riportano massimo rendimento con un lag di ben 16 anni. Ciò fa pensare che la ricerca pubblica italiana in agricoltura sia meno orientata alla ricerca di base e più alla ricerca e sviluppo applicata. Questo in parte si spiega con la dipendenza tecnologica del settore dalla ricerca estera, che fa sì che gli sforzi si orientino prevalentemente verso l'adattamento delle innovazioni prodotte all'esterno.

<sup>28</sup> Va sottolineato che la produttività di queste risorse pubbliche non possono essere l'unico termine di giudizio. Infatti, la spesa in divulgazione può essere più orientata a diffondere l'innovazione ai piccoli produttori e alle aree svantaggiate. Questo potrebbe determinare in un minore risultato complessivo, ma essere comunque efficace in termini distributivi e di equità.

Un altro vantaggio rilevante di questo approccio, è la possibilità di condurre analisi pur disponendo di una serie storica limitata di dati, non essendo richiesta una rappresentazione parametrica e una sua stima econometrica. Questo rende possibile indagare il progresso tecnico in una rappresentazione multioutput, considerando gli effetti ritardati della spesa in R&S e A&D.

Nel caso dell'agricoltura italiana, emerge nel periodo 1971-1991 una dinamica tecnologica orientata verso l'intensificazione capitalistica e risparmio di terra e lavoro; allevamenti e produzioni ortofrutticole risultano acquisire vantaggio tecnologico rispetto ad altre produzioni, in particolare le produzioni estensive di pieno campo.

La spesa pubblica in R&S risulta essere efficace entro pochi anni dalla sua realizzazione. In particolare, dal lato degli output sembra essere un investimento con efficacia anche nel breve termine. Inoltre, tale effetto sembra estendersi nel tempo oltre i 15 anni di lag considerati. Minore risulta l'efficacia e il rendimento della spesa in divulgazione; questa, inoltre, si dimostra attiva in un arco di tempo più contenuto. I risultati sembrano complessivamente confermare la validità dell'ipotesi dell'innovazione indotta dal lato degli output; più dubbia è la sua generalizzazione al caso degli input.

Il metodo nonparametrico di misura e spiegazione del progresso tecnico presentato, dimostra alcuni limiti soprattutto in quanto non basato su una procedura statistica. Come detto, ciò costituisce anche un suo punto di forza; tuttavia, impedisce di realizzare test delle ipotesi sui risultati ottenuti. Questo rende difficile comprendere quali tra i risultati emersi, siano maggiormente significativi. Inoltre, la misura del tasso di progresso tecnico o della produttività così condotta, non elimina i problemi di misura tipicamente coinvolti nell'analisi del progresso tecnico, come dimostra la notevole diversità dei risultati ottenuti con questo metodo rispetto ad approcci alternativi.

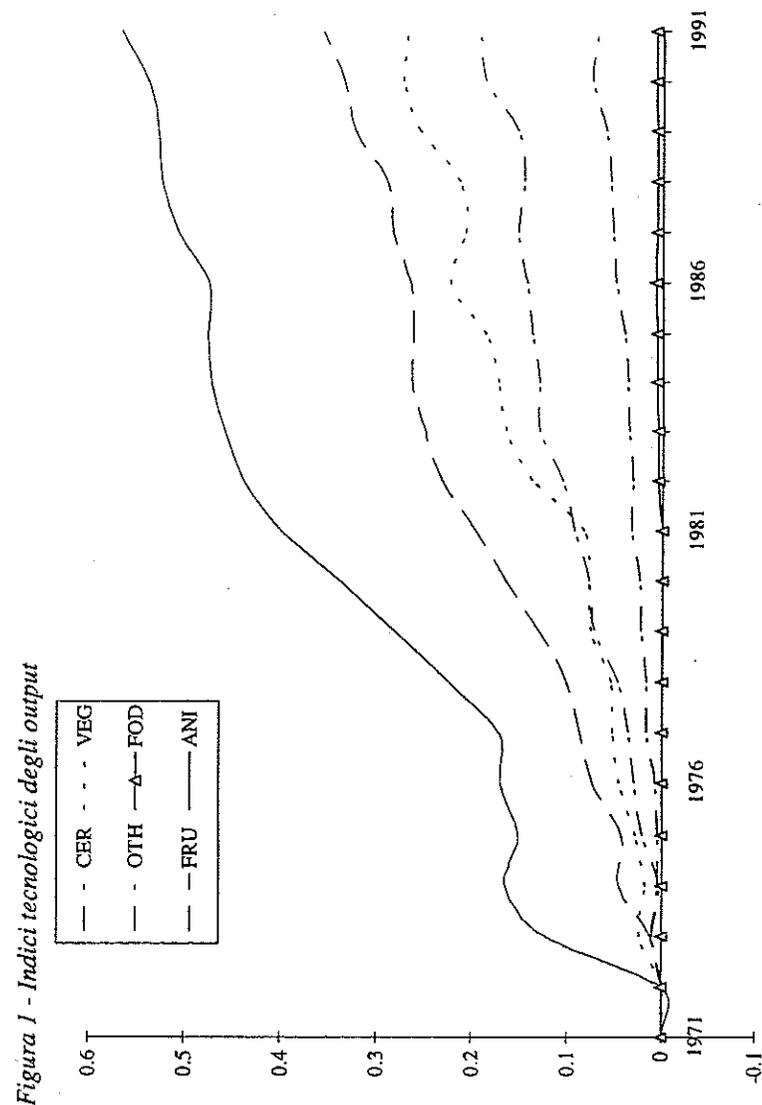


Figura 2 - Indici tecnologici degli input

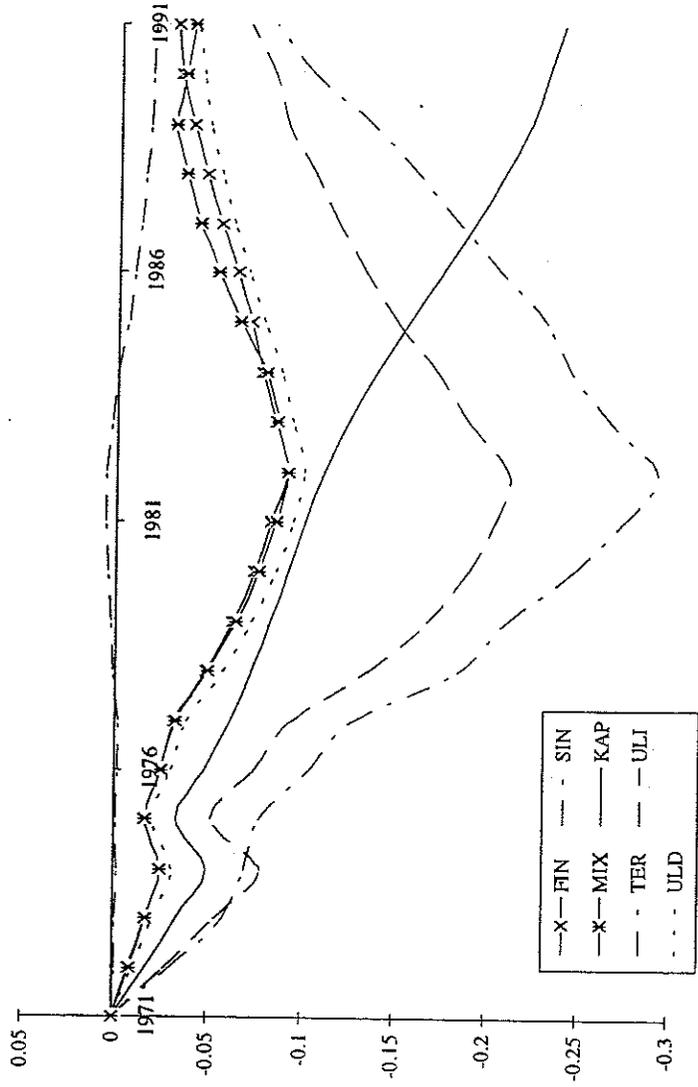


Figura 3 - R&S: parametri  $\beta$  degli output

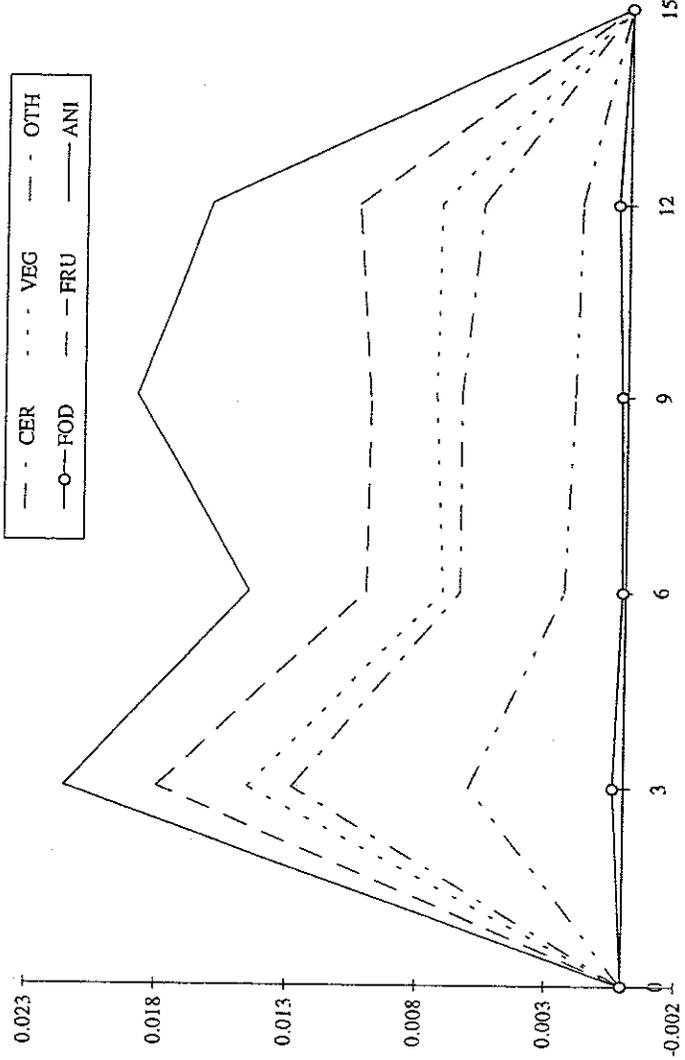




Figura 6 - R&S: parametri  $\gamma$  degli input

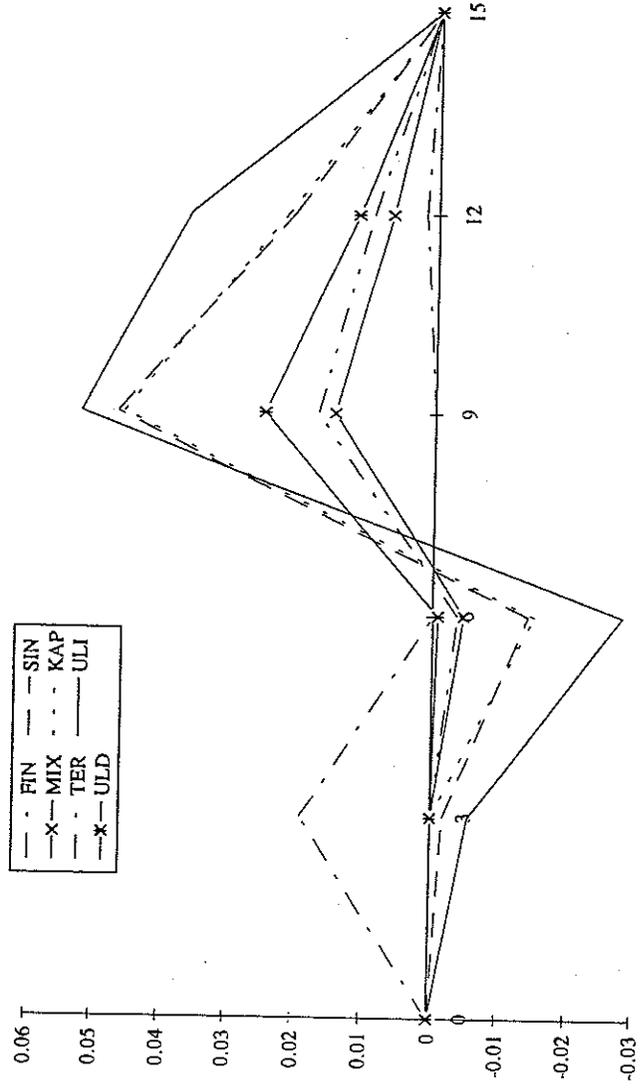


Figura 7 - A&D: parametri  $\beta$  per gli output

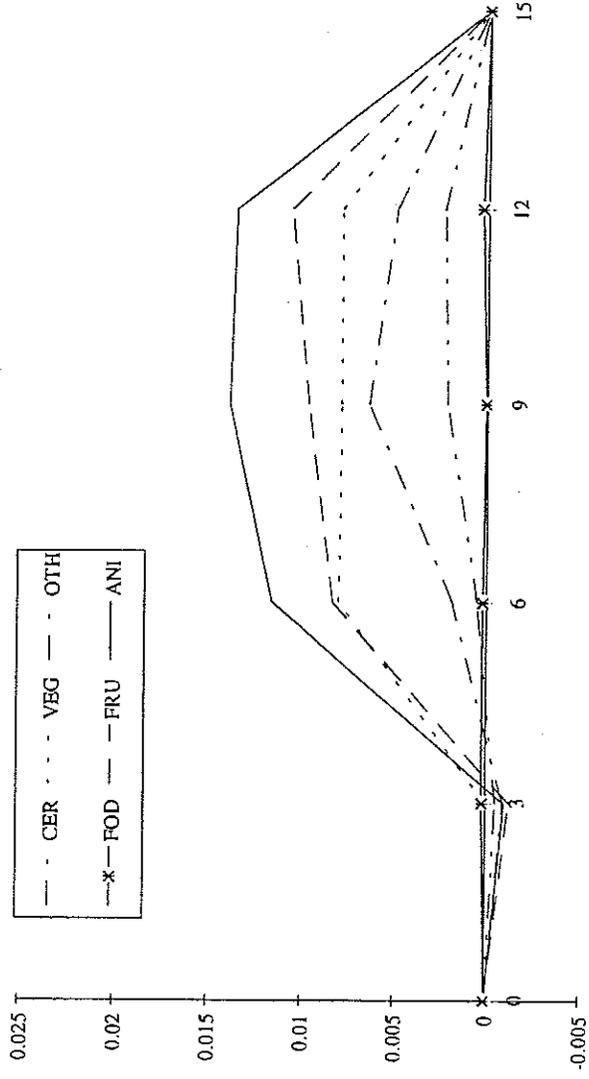


Figura 8 - A&D: parametri  $\beta$  per gli input

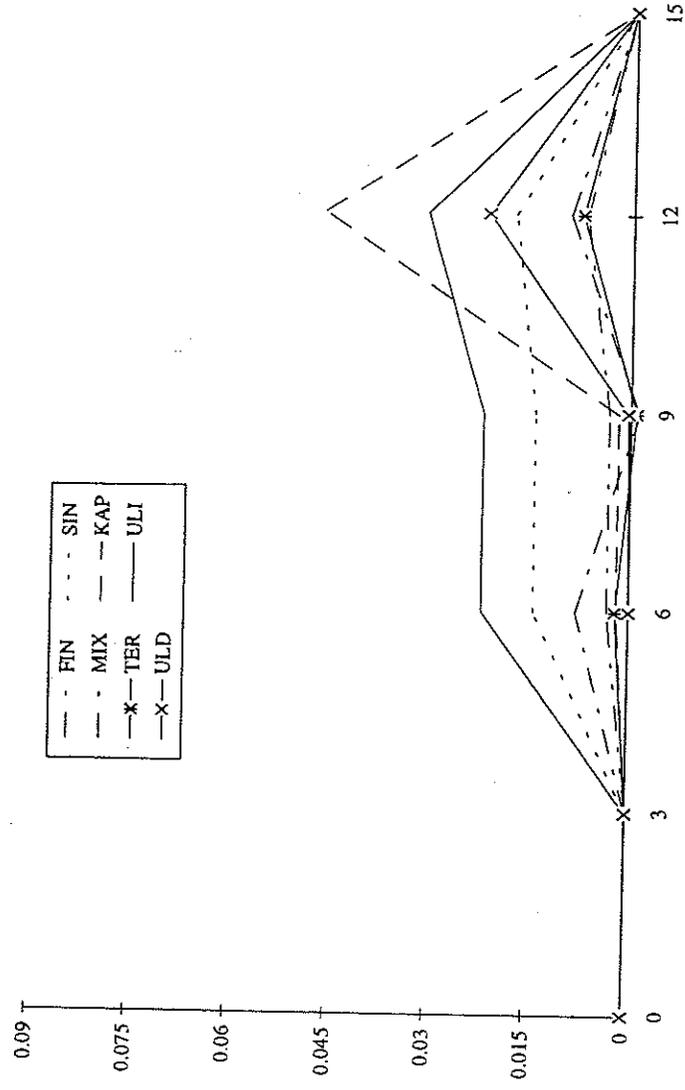


Figura 9 - A&D: parametri  $\gamma$  per gli output

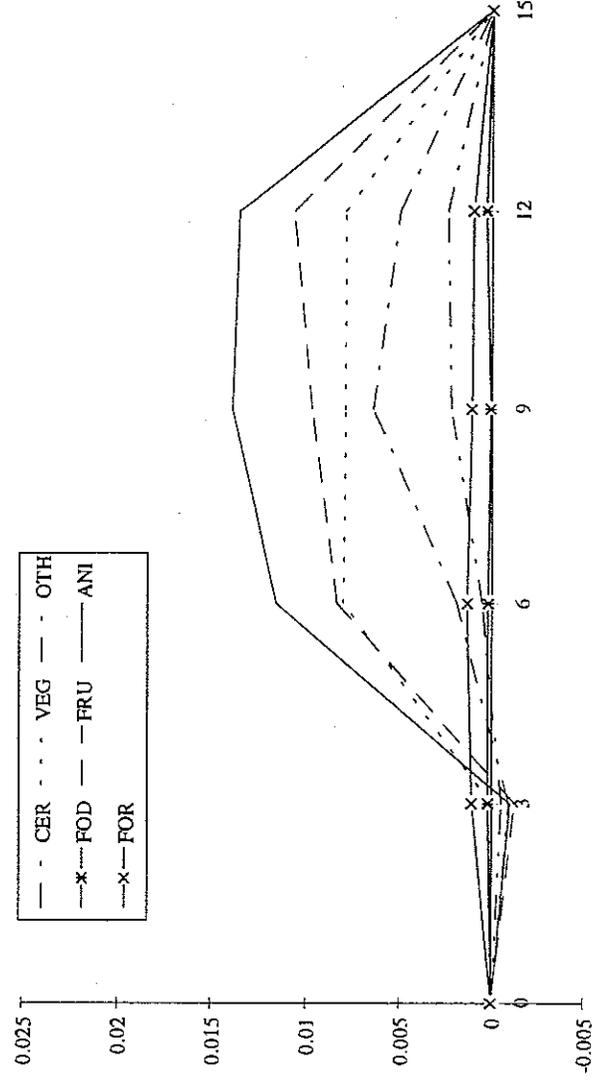


Figura 10 - A&D: parametri  $\gamma$  per gli input

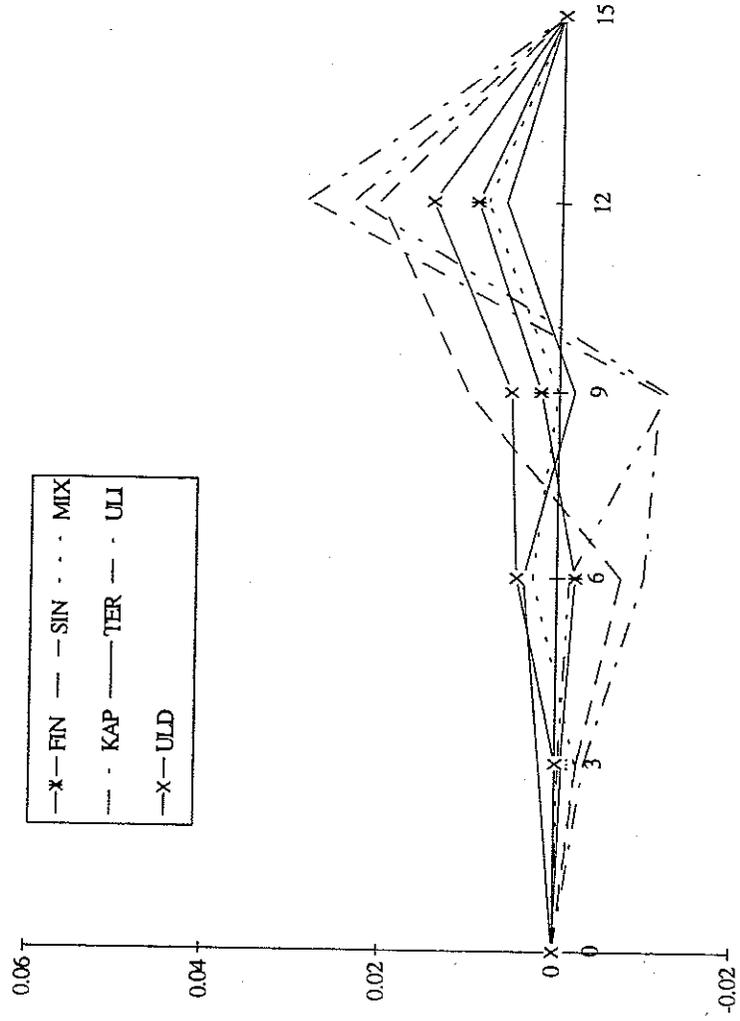


Figura 11 - Misura del progresso tecnico secondo il metodo nonparametrico confrontata con altre procedure (vedi testo)

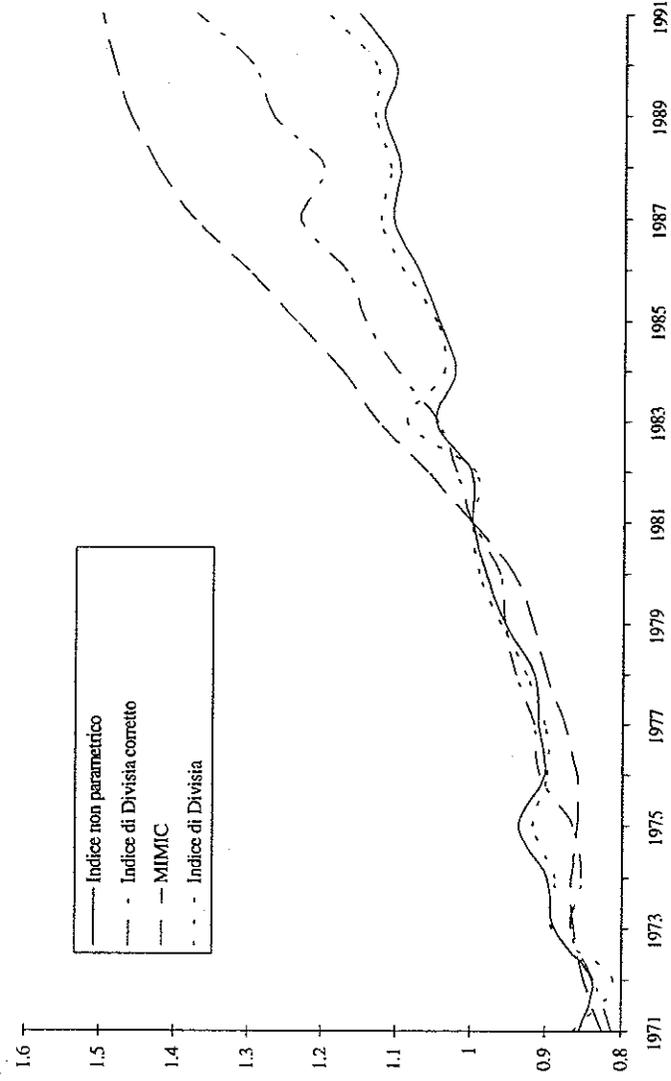


Figura 12 - Misura nonparametrica dell'indice di produttività nell'agricoltura italiana e statunitense

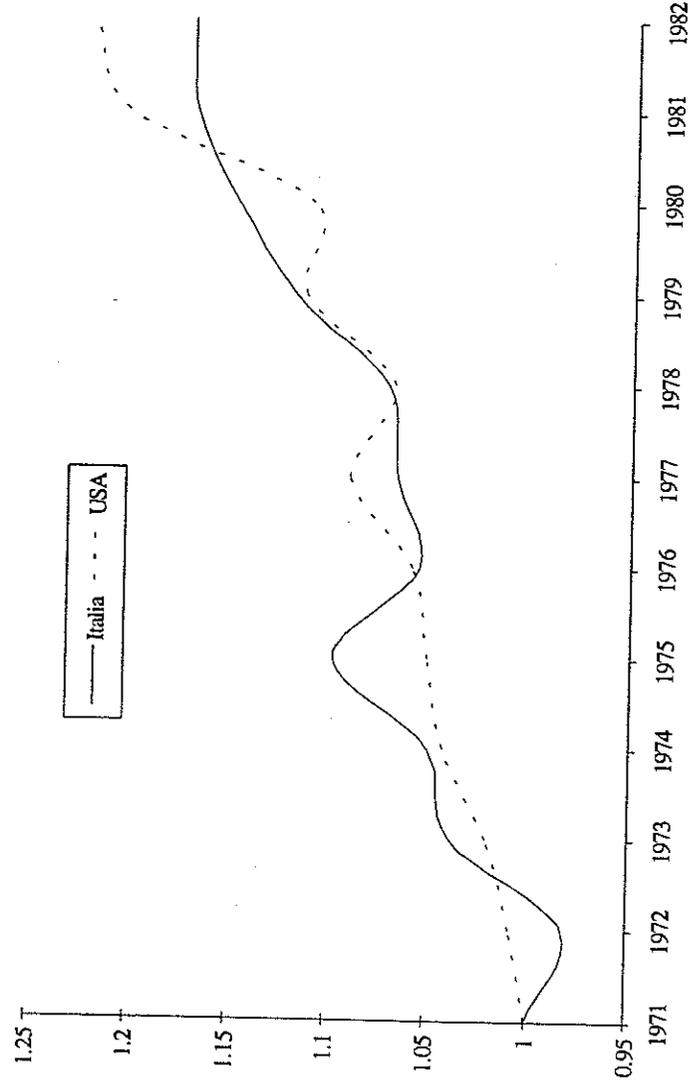
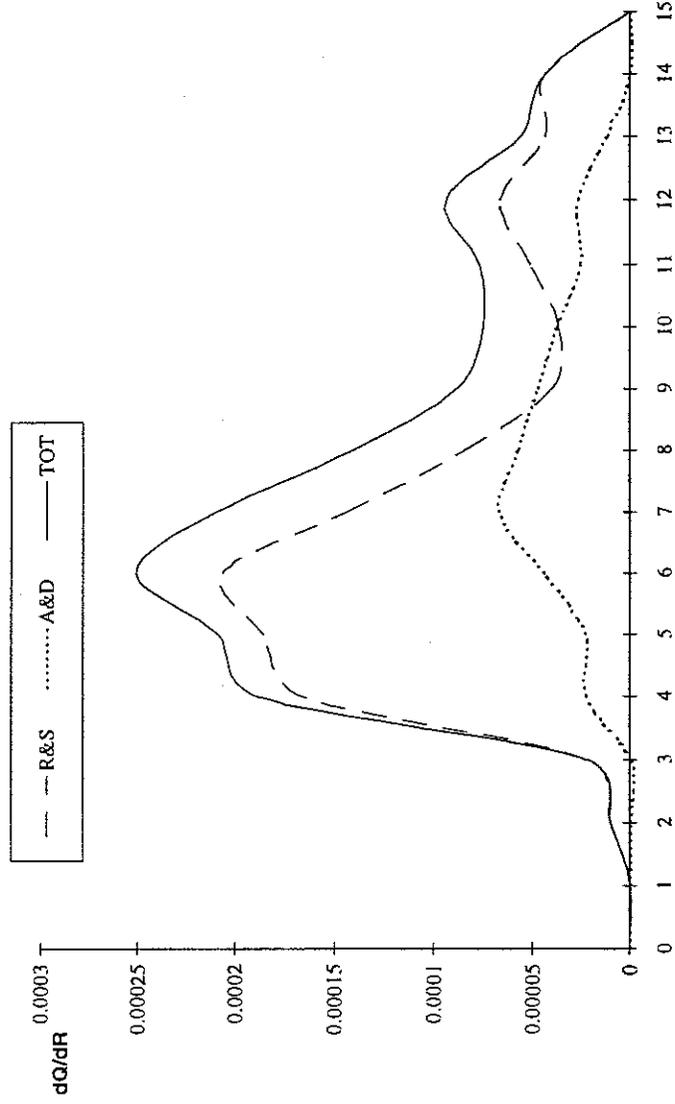


Figura 13 - Impatto marginale della spesa di R&S e A&D



*Riferimenti Bibliografici*

Afriat, S.N., 1972, Efficiency estimation of production function, *International Economic Review*, 13, 568-498.

Binswanger, H.P. and V.W. Ruttan, 1988, *Induced innovation: technology, institutions and development*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1978.

Banker, R.D. and A. Maindiratta, 1988, Nonparametric analysis of technical and allocative efficiencies in production, *Econometrica*, 56, 1315-332.

Caiumi, A., Pierani, P., Rizzi, P. e N. Rossi, 1995, *AGRIFIT: una banca dati del settore agricolo (1951-1991)*, Franco Angeli, Milano.

Caves, D.W., Christensen, L.R., and E.W. Diewert, 1982, Multilateral comparison of output, input, and productivity using superlative index numbers, *Economic Journal*, 9, 73-86.

Chavas, J.P. and T.L. Cox, 1992, A nonparametric analysis of the influence of research on agricultural productivity, *American Journal of Agricultural Economics* 74, 583-591.

Chavas, J.P., Aliber, M. and T.L. Cox, 1994, *A nonparametric analysis of the source and nature of technical change: the case of U.S. agriculture*, Staff Paper n.373, Department of Agricultural and Applied Economics, University of Wisconsin.

Esposti, R. e P. Pierani, 1995, Capacità utilizzata e produttività dei fattori. Il caso di una impresa ex-mezzadrile, *La Questione Agraria*, 60, 71-99.

Esposti, R e P. Pierani, 1997, *The source of technical change in Italian agriculture. A latent variable approach*, Staff Paper Series n. 411, Department of Agricultural and Applied Economics, University of Wisconsin.

Griliches, Z., 1957, Hybrid corn: an exploration of the economics of technical change, *Econometrica*, 25, 501-522.

Griliches, Z., 1960, Measuring inputs in agriculture: a critical survey, *Journal of Farm Economics*, 42, 1411-1427.

Griliches, Z., 1963, The sources of measured productivity growth: United States agriculture, 1940-60, *Journal of Political Economy* 71, 331-346.

Griliches, Z., 1964, Research expenditures, education and the aggregate

agricultural production function, *American Economic Review* 54, 961-974.

Griliches, Z., 1996, The discovery of the residual: a historical note, *Journal of Economic Literature*, 34, 1324-1330.

Griliches, Z. and D.W. Jorgenson, 1967, The explanation of productivity change, *Review of Economics and Statistics* 34.

Hall, R.E., 1990, Invariance properties of Solow's productivity residual, in Diamond, P. (eds), *Growth, productivity, unemployment. Essays to celebrate Bob Solow's birthday*, MIT Press, Cambridge.

Huffman, E.W. and R.E. Evenson, 1992, Contributions of public and private science and technology to U.S. agriculture productivity, *American Journal of Agriculture Economics* 74, 751-756.

Nelson, R.R., 1981, Research on productivity growth and productivity differences: dead ends and new departures, *Journal of Economic Literature*, 19, 1029-1064.

Olmstead, A.L. and P. Rhode, 1993, Induced innovation in American agriculture: a reconsideration, *Journal of Political Economy*, 101, 100-118.

Pardey, P.G. and B. Craig, 1989, Casual relationships between public sector agricultural research expenditures and output, *American Journal of Agricultural Economics*, 71, 9-19.

Pierani, P. e P. Rizzi, 1994, *Equilibrio di breve periodo, utilizzazione della capacità e produttività totale dei fattori nell'agricoltura italiana (1952-1991)*, Discussion Paper n.13, Dipartimento di Economia Politica, Università degli Studi di Siena.

Solow, R.M., 1957, Technical change and the aggregate production function, *Review of Economics and Statistics*.

Stoneman, P., 1983, *The economic analysis of technical change*, Oxford University Press, Oxford.

Varian, H., 1984, The nonparametric approach to production analysis, *Econometrica*, 52, 579-597.



---

## QUADERNI DEL DIPARTIMENTO DI ECONOMIA

---

- 1 **Marco CRIVELLINI**, *Vincoli organizzativi- imprenditoriali allo sviluppo: una stilizzazione all'approccio di Ancona*, aprile 1983.
- 2 **Paolo ERCOLANI**, *Prezzi relativi e sviluppo economico: un'analisi dell'evidenza empirica*, luglio 1983.
- 3 **Riccardo MAZZONI**, *Costi comparati e sviluppo regionale: un'analisi empirica*, maggio 1984.
- 4 **Paolo ERCOLANI**, *Sviluppo economico e mutamenti di struttura*, ottobre 1984.
- 5 **Valeriano BALLONI**, *Processi di integrazione nelle ristrutturazioni industriali*, ottobre 1984.
- 6 **Franco SOTTE, Luisa QUATTRINI, Simone RUSPOLI**, *Indagine sulle tipologie aziendali nell'agricoltura delle Marche*, maggio 1985.
- 7 **Geminello ALVI**, *Due scritti eterodossi sulla scienza in economia e la sua storia*, maggio 1985.
- 8 **Luca PAPI**, *Scelte e conseguenze della politica monetaria del primo dopoguerra*, giugno 1986.
- 9 **Massimo TAMBERI**, *Il modellaccio 2: analisi storica dei parametri diretti*, febbraio 1988.
- 10 **Luca PAPI**, *Dynamic specification in U.K. Demand for Money Studies*, marzo 1988.
- 11 **Enzo PESCIARELLI**, *Smith, Bentham and the Development of Contrasting Ideas on Entrepreneurship*, giugno 1988.
- 12 **Alessandro STERLACCHINI**, *Progresso tecnico, attività innovative e crescita della produttività: approcci teorici a livello inter-industriale*, ottobre 1988.
- 13 **Carlo GIANNINI**, *Cointegrazione, analisi di rango e stima consistente dello spazio di cointegrazione partendo dalle stime di un VAR in livelli*, marzo 1989.
- 14 **Carlo GIANNINI, Rocco MOSCONI**, *Non stazionarietà, integrazione, cointegrazione: analisi di alcuni aspetti della letteratura recente*, marzo 1989.
- 15 **Valeriano BALLONI**, *Strutture di mercato e comportamento strategico delle imprese. Il caso dell'industria americana degli elettrodomestici*, 1989.
- 16 **Mauro GALLEGATI, Massimo TAMBERI**, *Divergent Trajectories in Europe: An Analysis of the Recently Developed Countries*, ottobre 1989.
- 17 **Enrico SANTARELLI**, *R & D, Innovation, and the Signalling Properties of the firm's Financial Structure*, maggio 1990.
- 18 **Daniela FELIZIANI**, *Il dibattito internazionale sul tempo di lavoro: una nota introduttiva*, settembre 1990.
- 19 **Massimo TAMBERI**, *Pionieri, Imitatori e Processi di Catching-up*, novembre 1990.
- 20 **Antonio Giulio CALAFATI**, *Processo economico e ambiente naturale in K.W. Kapp*, dicembre 1990.
- 21 **Carlo GIANNINI**, *Topics in Structural Var Econometrics*, luglio 1991.
- 22 **Andrea RICCI**, *Il concetto di integrazione nella teoria economica: una breve rassegna critica*, agosto 1991.

- 23 **Claudio CASADIO TARABUSI, Stefano BRESCHI**, *A Selection Model of Economic Competition: The Role of Market Power and Technological Change*, dicembre 1991.
- 24 **Stefano STAFFOLANI**, *L'inserimento professionale dei giovani diplomati in Italia e in Francia*, dicembre 1991.
- 25 **Enrico SANTARELLI, Alessandro STERLACCHINI**, *Profili e determinanti settoriali della formazione di nuove imprese nell'industria italiana*, aprile 1992.
- 26 **Giorgio FUÀ**, *Appunti sulla crescita economica*, aprile 1992.
- 27 **Stefano STAFFOLANI**, *La flessibilità quantitativa nella gestione del fattore lavoro: una analisi teorica*, aprile 1992.
- 28 **Carlo GIANNINI, Antonio LANZAROTTI, Mario SEGHELINI**, *A Traditional Interpretation of Macroeconomic Fluctuations: the Case of Italy*, maggio 1992.
- 29 **Riccardo MAZZONI**, *I mercati locali del lavoro in Italia*, luglio 1992.
- 30 **Alessandro BARTOLA, Franco SOTTE, Giuseppe BUONCOMPAGNI, L'AIMA**, luglio 1992.
- 31 **Renato BALDUCCI**, *"Crescita in regime di rendimenti di scala costanti"*, febbraio 1993.
- 32 **Carlo A. FAVERO**, *"Ottimizzazione intertemporale e metodi econometrici in economia"*, maggio 1993.
- 33 **Alessandro BARTOLA, Franco SOTTE, Andrea FANTINI, Raffele ZANOLI**, *L'agricoltura nelle Marche. Tendenze settoriali e politica agraria*, maggio 1993.
- 34 **Riccardo MAZZONI**, *Sviluppo economico e localizzazione produttiva*, giugno 1993.
- 35 **Alberto ZAZZARO**, *Costi di liquidità e costi di solvibilità: il ruolo delle banche locali nello sviluppo economico regionale*, giugno 1993.
- 36 **Domenico MIGNACCA**, *An Application of a Structural VAR Technique to Interpret UK Macroeconomic Fluctuations*, giugno 1993.
- 37 **Stefano MANZOCCHI, Domenico MARINUCCI**, *Technology Adoption Under Strategic Complementarity: "Less" Information Can Do Better*, giugno 1993.
- 38 **Antonio G. CALAFATI**, *Scelta e Azione*, giugno 1993.
- 39 **Gabriele CATTAROZZI**, *Gestione delle obbligazioni e curva di inviluppo*, luglio 1993.
- 40 **Alberto ZAZZARO**, *Le banche in un'economia regionale: una rassegna della letteratura*, settembre 1993.
- 41 **Alessandro VAGLIO**, *A model of the audience for TV broadcasting implications for advertising competition and regulation*, ottobre 1993.
- 42 **Carlo A. FAVERO, Riccardo LUCCHETTI**, *Output, interest rates and the monetary transmission mechanism: some empirical evidence for Italy*, ottobre 1993.
- 43 **Riccardo LUCCHETTI**, *Modelli in differenze con errori di misura*, novembre 1993.
- 44 **Stefano STAFFOLANI**, *Lavoro a turni e durata di utilizzo del capitale*, novembre 1993.
- 45 **Alessandro STERLACCHINI**, *La ricerca universitaria in Italia*, novembre 1993.
- 46 **Daniela FELIZIANI**, *Organizzazione e regolamentazione degli orari di lavoro nei paesi industrializzati*, marzo 1994.
- 47 **Alessandro STERLACCHINI**, *The birth of new firms in Italian manufacturing*, marzo 1994.
- 48 **Franco SOTTE, Giuseppe BUONCOMPAGNI**, *An overview on public transfers in the Italian Agricultural Policy*, marzo 1994.
- 49 **Pietro ALESSANDRINI, Andrea RICCI**, *Squilibri demografici e scarsità di risparmio nell'economia mondiale*, marzo 1994.
- 50 **Alberto ZAZZARO**, *La specificità delle banche: teorie ortodosse e teorie eterodosse a confronto*, maggio 1994.
- 51 **Carlo MONTICELLI, Luca PAPI**, *La definizione di moneta in economie aperte e integrate: verso l'"eutanasia" del concetto di moneta nazionale?*, maggio 1994.
- 52 **Riccardo LUCCHETTI, Stefano STAFFOLANI**, *Orario di lavoro e occupazione: un approccio teorico con una applicazione alla grande industria italiana*, luglio 1994.
- 53 **Riccardo LUCCHETTI**, *Companion form representation of cointegrating VARs*, ottobre 1994.
- 54 **Paolo ERCOLANI**, *La terziarizzazione dell'occupazione. Analisi delle cause e dei problemi aperti*, dicembre 1994.
- 55 **Rossano BRUSCHI**, *La teoria delle aspettative razionali e la curva dei tassi di interesse a scadenza: un'applicazione al mercato monetario tedesco*, dicembre 1994.
- 56 **Roberto ESPOSTI, Pierpaolo PIERANI, Franco SOTTE**, *Fattori quasi fissi e produttività totale dei fattori in agricoltura. Teoria e applicazione ad una impresa marchigiana ex-mezzadrile*, gennaio 1995.
- 57 **Michela VECCHI**, *Human capital and excess labour*, febbraio 1995.
- 58 **Alberto BAGNAI, Stefano MANZOCCHI**, *Un'indagine empirica sulla mobilità dei capitali nei paesi in via di sviluppo*, marzo 1995.
- 59 **Domenico MIGNACCA**, *Comparing the impulse response functions of different models*, marzo 1995.
- 60 **Manuela VICONI**, *L'Unione Europea e gli shock esogeni ai sistemi economici*, marzo 1995.
- 61 **Paolo Emilio MISTRULLI, Roberto TORRINI**, *Salari di efficienza, costi di controllo e decentramento produttivo*, marzo 1995.
- 62 **Alessandro VAGLIO**, *Potere di mercato, consumi e crescita*, dicembre 1994.
- 63 **Luca PAPI, Carlo MONTICELLI**, *EU-Wide money demand: An assessment of competing approaches*, maggio 1995.
- 64 **Antonio G. CALAFATI**, *Mercati e gerarchie nel processo di apprendimento degli agenti collettivi*, giugno 1995.
- 65 **Marco ACCORRONI, Luca PAPI**, *La valutazione dell'efficienza degli sportelli bancari*, ottobre 1995.
- 66 **Stefano STAFFOLANI**, *Interazioni nelle scelte e norme sociali*, ottobre 1995.
- 67 **Tommaso PEREZ**, *Multinational enterprises and technological spillovers: An evolutionary model*, ottobre 1995.

- 68 **Edoardo GAFFEO**, *Macroeconomics without the representative agent: Difficulties and new perspectives*, dicembre 1995.
- 69 **Pietro ALESSANDRINI, Alessandro STERLACCHINI**, *Ricerca, formazione e rapporti con l'industria: I problemi irrisolti dell'università italiana*, dicembre 1995.
- 70 **Paolo GUERRIERI, Stefano MANZOCCHI**, *Patterns of Trade and Foreign Direct Investment in European Manufacturing: "Convergence" or "Polarization"?*, marzo 1996.
- 71 **Laura CHIES, Francesco TROMBETTA**, *Riduzione dell'orario di lavoro e disoccupazione: il dibattito tedesco*, marzo 1996.
- 72 **Stefano FIORI**, *Ordine visibile e ordine invisibile. Il difficile rapporto fra natura e società nell'economia politica smithiana e presmithiana (1690-1790)*, marzo 1996.
- 73 **Paolo Emilio MISTRULLI**, *Rendita informativa, intermediazione finanziaria e scelte di portafoglio*, marzo 1996.
- 74 **Fabio FIORILLO**, *Il problema dell'isteresi in economia: confronto tra isteresi fisica e passeggiate aleatorie, significato e applicazioni economiche*, aprile 1996.
- 75 **Tommaso LUZZATI**, *Una testimonianza sull'ipotesi di piena razionalità*, maggio 1996.
- 76 **Nicola BOARI**, *Law and Economics in Action: An Efficiency Analysis of Italian Penal Procedures after 1989*, maggio 1996.
- 77 **Roberto GIORGI, Franco SOTTE**, *Riuscirà il mondo a sfamare se stesso nel 2025?*, maggio 1996.
- 78 **Alessandro STERLACCHINI**, *Inputs and Outputs of innovative Activities in Italian Manufacturing*, giugno 1996.
- 79 **Marco GALLEGATI**, *Firm's optimal capital accumulation path with asymmetric informations and debt instead of equity finance*, giugno 1996.
- 80 **Erica SEGHETTI, Massimo TAMBERI**, *Competitività, crescita e localizzazione in un settore tradizionale*, giugno 1996.
- 81 **Pietro ALESSANDRINI**, *I sistemi locali del credito in regioni a diverso stadio di sviluppo*, settembre 1996.
- 82 **Aldo FEMIA**, *Input-Output Analysis of Material Flows: an application to the German Economic System for the year 1990*, settembre 1996.
- 83 **Michela VECCHI**, *Increasing Returns versus Externalities: Pro-Cyclical Productivity in US and Japan*, ottobre 1996.
- 84 **Stefano FIORI**, *Conoscenza e informazione in F.A. von Hayek*, ottobre 1996.
- 85 **Cecilia BENVENUTO**, *Le opzioni esotiche: Problemi di pricing e copertura*, ottobre 1996.
- 86 **Laura CHIES, Riccardo LUCCHETTI, Stefano STAFFOLANI**, *Occupazione, Disoccupazione, Intattività: determinanti della mobilità tra stati in Italia*, marzo 1997.
- 87 **Marco CUCCULELLI**, *Struttura finanziaria, seniority rules del debito e decisioni di investimento delle imprese*, marzo 1997.
- 88 **Edoardo GAFFEO**, *Multilevel Interactions with a Keynesian Flavour in a Stochastic Macroeconomic Model*, maggio 1997.
- 89 **Antonio G. CALAFATI**, *Labour Supply and Unemployment*, maggio 1997.
- 90 **Roberto ESPOSTI**, *Progresso Tecnico Multioutput e Ruolo di R&S e Assistenza Tecnica. Applicazione dell'Analisi Nonparametrica all'Agricoltura Italiana*, giugno 1997.