

Università degli Studi di Salerno  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E STATISTICHE

Sergio Destefanis  
Università degli Studi di Salerno  
*destefanis@unisa.it*  
Giuseppe Storti  
Università degli Studi di Salerno  
*storti@unisa.it*

## A PROCEDURE FOR DETECTING OUTLIERS IN FRONTIER ESTIMATION <sup>1</sup>

WORKING PAPER 3.172  
Novembre 2005

<sup>1</sup>Il lavoro è stato svolto con finanziamenti MIUR. Indirizzo per corrispondenza: Sergio Destefanis, DISES, Università di Salerno, Via Ponte Don Melillo, 84084 Fisciano (SA).



**Contents**

1	<i>Introduction and statement of the problem</i> .....	7
2	<i>Robust estimation of the production frontier</i> .....	8
3	<i>A procedure for outlier detection</i> .....	10
4	<i>The empirical analysis</i> .....	11



**Abstract**

*Si è più volte osservato in letteratura come gli approcci non parametrici alla stima della frontiera di produzione siano scarsamente robusti rispetto alla presenza di valori eccezionali. Il presente lavoro propone una classe di stimatori robusti della frontiera basati sulla Teoria dei Valori Estremi. Il metodo proposto è di natura parametrica e consente, inoltre, di definire una procedura utile al fine di verificare la presenza di outliers nell'insieme di produzione osservato.*

**Keywords**

*Production Frontier, Nonparametric Estimation, Expected Maximal Output Frontier, Extreme Value Theory.*



## **1 Introduction and statement of the problem**

In the last two decades non-parametric methods for the estimation of production frontiers, such as Data Envelopment Analysis (DEA) and Free Disposal Hull (FDH), have been widely applied in the economic literature. These methods have the advantage of being based on a relatively small set of easily interpretable economic assumptions with no need for the formulation of restrictive hypotheses on the functional shape of the relationship between input and output variables on the frontier of the production set. One of the main drawbacks associated to these estimators is related to their robustness since, as pointed out by recent literature (Cazals et al., 2002), they are very sensitive to the presence of outliers. An alternative nonparametric approach which, by construction, is more robust to the presence of extreme observations, is that based on the concept of Expected Maximal Output (or, equivalently, Expected Minimum Input) function proposed by Cazals et al. (2002). However, in a nonparametric setting, the derivation of a test for detecting potential outliers is in general not straightforward. Furthermore, for many applications, the availability of a parametric model often allows for a more thorough economic interpretation of the phenomenon to be modeled. To conjugate the advantages of both approaches, Florens and Simar (2001) suggest a two stage procedure in which first, the frontier is estimated non-parametrically and, then, the best parametric approximation (in the least squares sense) of the estimated nonparametric frontier is found.

In this paper we propose a parametric approach to the estimation of the production frontier which is robust to the presence of extreme values and outliers and, at the same time, still relies on relatively weak distributional as-

sumptions. Although, on a statistical ground, the proposed method is based on parametric estimation procedure, from an economic standpoint it is of a non-parametric nature since it does not explicitly require to specify the functional relationship between input and output. Namely, our procedure can be regarded as the parametric counterpart of the method proposed by Cazals et al. (2002).

The main reason for resorting to a parametric inference procedure is related to the consideration that, in a parametric setting, problems related to the detection of outliers within the observed production set are more easily dealt with. An important point that has to be stressed is that, compared to its non-parametric competitors, the frontier estimation method which is proposed and discussed in this paper has an important advantage. In particular it allows to define a reference parametric model which can be used for developing a testing procedure for outlier detection. As it will be made clear later, this procedure relies on an asymptotic convergence argument and does not require restrictive distributional assumptions. The structure of the paper is as follows. Section 2 illustrates the proposed estimator while in Section 3 a procedure for detecting outlying producers is illustrated. In section 4 we present the results of an application to a production set obtained from the CAPITALIA survey.

## **2 Robust estimation of the production frontier**

Consider a reference set including  $n$  producers characterized by a technology with one output and  $q \geq 1$  inputs. For each producer, let  $Y_i$  be the observed output and  $X_i$  be the associated input vector ( $q \times 1$ ), for  $i = 1, \dots, n$ . Cazals et al. (2002) define the expected maximal output frontier of order- $m$  as:

$$\phi_m(x) = E(\max(Y^1, \dots, Y^m) | X \leq x) \quad (1)$$

where  $(Y^1, \dots, Y^m)$  are  $m$  independent identically distributed random variables generated from the distribution of  $Y$  given  $X \leq x$ . In practice the expectation in (1) can be approximated by a simple Monte Carlo procedure. First a random sample of size  $m$  is drawn with replacement from the

empirical distribution of  $Y$  given  $X \leq x$ . Then, denoting this sample by  $(y_b^1, \dots, y_b^m)$ , the sample maximum will be given by

$$\tilde{\phi}_{b,m}(x) = \max_{i=1, \dots, m} (y_b^i)$$

with  $m < n(x)$ , where  $n(x)$  is the number of producers using input  $X_i \leq x$ ,  $i = 1, \dots, n(x)$ . Finally, the above steps are repeated for  $b = 1, \dots, B$  and the Expected Maximal Output Frontier of order  $m$  ( $EMOF_m$ ) is estimated as:

$$\hat{\phi}_{m,n}(x) = B^{-1} \sum_{b=1}^B \tilde{\phi}_{b,m}(x) \quad (2)$$

where the quality of the approximation depends on the value of  $B$ . The sampling properties of this estimator are discussed by Cazals et al. (2002). The  $EMOF_m$  can be regarded as a nonparametric approach since it does not require the specification of a parametric model for the frontier. Differently, the method which is here proposed is based on a parametric fit even if it relies on weak distributional assumptions and does not imply any hypothesis on the nature of the functional shape of the frontier. More precisely, given a sample of i.i.d. random variables  $(Y_1, \dots, Y_m)$ , by classical Extreme Value Theory results, it follows that, under quite general assumptions, the large sample distribution of the sample maximum

$$Y_{(m)} = \max\{Y_1, \dots, Y_m\}$$

can be approximated by a suitably defined Generalized Extreme Value (GEV) distribution (Coles, 2001),  $Z \sim GEV(\mu, \sigma, \xi)$ , with probability distribution function given by:

$$G(z) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \xi \left( \frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\} \quad (3)$$

for  $-\infty < \mu < \infty$ ,  $\sigma > 0$  and  $-\infty < \xi < \infty$ . The parameters  $\mu$ ,  $\sigma$  and  $\xi$  are usually called the *location*, *scale* and *shape* parameters, respectively. The expected maximum is given by

$$E(Z) = \mu + \frac{\sigma}{\xi} [\Gamma(1 - \xi) - 1] \quad \text{for } \xi < 1 \quad (4)$$

while the quantile of order  $(1 - p)$  of the GEV distribution is:

$$z_p \begin{cases} = \mu - \frac{\sigma}{\xi} \left\{ 1 - [-\log(1 - p)]^{-\xi} \right\} & \text{for } \xi \neq 0 \\ = \mu - \sigma \log[-\log(1 - p)] & \text{for } \xi = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Hence, for a given value of the input vector  $x$ , a GEV distribution with parameters  $\mu(x)$  (location),  $\sigma(x)$  (scale) and  $\xi(x)$  (shape) can then be fitted by maximum likelihood to the series of sample maxima  $\tilde{\phi}_{1,m}(x), \dots, \tilde{\phi}_{B,m}(x)$  (Coles, 2001). An estimate of the expected value of this GEV distribution can be derived by equation (4) and can be regarded as the parametric counterpart of the  $EMOF_m$ .

As in Cazals et al. (2002) our estimator does not necessarily have to envelope all the data points but it estimates the frontier as the (estimated) expected maximum among a sample of  $m$  randomly chosen competitors using less or equal input than  $x$ .

### 3 A procedure for outlier detection

The estimation procedure described in the previous section allows to define an useful framework for outlier detection. Focusing on the output oriented case, we will consider as outliers producers characterized by extremely high or extremely low output levels. In the first case, given a producer using input  $x$  to produce output  $y$ , the basic idea is consider it as an outlier if the observed output level  $y$  is significantly higher than some extreme quantile  $z_p(x)$  of the associated GEV. An estimate  $\hat{z}_{m,p}(x)$  of the order  $p$  quantile  $z_p(x)$  of the GEV distribution can be obtained by a simple plug-in of the ML estimates of  $(\mu(x), \sigma(x), \xi(x))$  in equation (5). For a given value of  $p$ , producers for whom the observed output exceeds  $\hat{z}_{m,p}(x)$  can be then classified as outliers at the (approximate)  $(1 - p)$  level.

Using this procedure, only producers characterized by extremely high output levels can be detected while, for the purpose of detecting producers characterized by extremely low production levels, a slight modification to this framework should be considered.

More precisely, we need to consider the empirical distribution of  $Y$  given

$X \geq x$ , draw  $B$  random samples from this distribution, multiply the sampled values by -1 and then, as suggested in Coles (2001), fit a GEV distribution to the sample maxima of the negated data. Then, again, if the observed output  $y$ , multiplied by -1, exceeds the the estimated percentile  $\hat{z}_{m,p}(x)$ , the producer will be classified as a potential outlier characterized by an extremely low output level at the  $(1 - p)$  approximate significance level.

#### 4 The empirical analysis

In this section the proposed approach is applied to a panel of Italian manufacturing firms extracted from the three surveys performed by Mediocredito Centrale during the period 1989-1997. The sample includes 4322 firms operating in the Machinery sector. For each firm we observe one output, given by value added, and three inputs given by gross fixed assets at book value and labour disaggregated in the number of 'blue' and 'white' collars, respectively. Value added and fixed assets were deflated using annual price indices based on Istat national accounting. There are well-known problems with using assets at book value as a measure of capital stock. Yet our data afford no alternative and the literature always reports reasonable parameter estimates for this variable. More details on the data can be found in Destefanis (2000). In our analysis the production frontier has been estimated by using the  $EMOF_m$  as well as the approach based on the  $ERL_{m,p}$  for two different values of  $m$  (30,50) and three different values of  $p$  (0.10,0.05,0.01) (Table 1). Furthermore, the parametric estimator of the expected maximum  $\hat{E}_m(x)$  has been considered. The number of replicates used was for the estimation was  $B = 200$ .

The last column in Table 1 reports the number of times in which the algorithm for the numerical maximization of the GEV likelihood converged. Failures were mainly concentrated at the beginning of the sample (ordered by increasing values of the input). In this sense we can say that a substantial drawback of the  $\hat{E}_m$  and  $ERL_{m,p}$  estimators is represented by end effects. In order to overcome this problem it is possible to replace non-parametric resampling from the empirical CDF by a parametric resampling procedure.

	$EMOF_m$	$\hat{E}_m$	$\hat{z}_{m,0.10}$	$\hat{z}_{m,0.05}$	$\hat{z}_{m,0.01}$	nobs
m=30	2180	2181	1155	814	273	3407
m=50	1828	1830	916	624	178	3442
m=100 (par.)	657	657	355	276	181	4322

Table 1: Number of observations exceeding the frontier for different estimators and different values of  $m$ .

This alternative approach has been here applied (Table 1) with a window of length  $m=100$  and assuming an exponential distribution for the output i.e.  $(Y|X \leq x) \sim Exp(\theta(x))$  with density:

$$f(y|X \leq x) = \theta(x)e^{-\theta(x)y}$$

For each producer  $(x, y)$ , the rate of the relevant exponential distribution was estimated as the reciprocal of the sample mean of the output values  $Y_i$  observed for producers with input level  $X_i \leq x$ . The exponential distribution was here chosen for illustrative purposes. However it has to be pointed out that, in theory, any distribution with positive support could be used. The results in Table 1 show that the estimators considered do not envelope all the data points and are in this sense more robust to the presence of extreme values than conventional estimators such as DEA or FDH. Also, the frontier values exceeding the 95th ( $\hat{z}_{m,0.05}$ ) and 99th ( $\hat{z}_{m,0.01}$ ) percentiles of the estimated maximum distribution must be considered as potential outliers deserving further investigation.

The value of  $m$  acts as a smoothing parameter since the number of observations exceeding the frontier reduces as  $m$  increases. For more details on the impact of the value of  $m$  on the estimated frontier, the reader may refer to Cazals et al. (2002). Similarly, for fixed  $m$ , the estimated frontier output level  $\hat{z}_{m,p}$  is a monotonic function of  $p$ : as  $p$  increases the frontier tends to get closer to the bulk of the observed data. It is also interesting to note how the results for the  $EMOF_m$  and for the ‘parametric’ estimate of the expected maximum are very close, in the non-parametric case as well as when a parametric resampling procedure is adopted. The estimator based on parametric resampling looks like a promising alternative to its

non-parametric counterpart since it allows to drastically reduce the impact of end effects. A more thorough investigation of the economic implications and of the statistical properties of the approaches based on the  $\hat{E}_m$  and  $ERL_{m,p}$  estimators is left for future research.

### **References**

- Cazals, C., Florens, J. and Simar, L. (2002) Nonparametric frontier estimation: a robust approach, *Journal of Econometrics*, 106, 1-25.
- Coles S. G. (2001) *An Introduction to Statistical Modelling of Extreme Values*, Springer.
- Destefanis S. (2000) Differenziali territoriali di produttività ed efficienza e sviluppo dualistico, *Lavoro e Relazioni Industriali*, 2, 103-143.
- Florens, J. and Simar, L. (2001) Parametric approximations of nonparametric frontiers, Technical Report, IDEI-GREMAQ.

Dipartimento di Scienze Economiche e Statistiche  
Università degli Studi di Salerno

Depositato ai sensi di legge

WORKING PAPERS DEL DIPARTIMENTO

- 1988, 3.1 Guido CELLA  
*Linkages e moltiplicatori input-output.*
- 1989, 3.2 Marco MUSELLA  
*La moneta nei modelli di inflazione da conflitto.*
- 1989, 3.3 Floro E. CAROLEO  
*Le cause economiche nei differenziali regionali del tasso di disoccupazione.*
- 1989, 3.4 Luigi ACCARINO  
*Attualità delle illusioni finanziarie nella moderna società.*
- 1989, 3.5 Sergio CESARATTO  
*La misurazione delle risorse e dei risultati delle attività innovative: una valutazione dei risultati dell'indagine CNR- ISTAT sull'innovazione tecnologica.*
- 1990, 3.6 Luigi ESPOSITO - Pasquale PERSICO  
*Sviluppo tecnologico ed occupazionale: il caso Italia negli anni '80.*
- 1990, 3.7 Guido CELLA  
*Matrici di contabilità sociale ed analisi ambientale.*
- 1990, 3.8 Guido CELLA  
*Linkages e input-output: una nota su alcune recenti critiche.*
- 1990, 3.9 Concetto Paolo VINCI  
*I modelli econometrici sul mercato del lavoro in Italia.*
- 1990, 3.10 Concetto Paolo VINCI  
*Il dibattito sul tasso di partecipazione in Italia: una rivisitazione a 20 anni di distanza.*
- 1990, 3.11 Giuseppina AUTIERO  
*Limiti della coerenza interna ai modelli con la R.E.H..*
- 1990, 3.12 Gaetano Fausto ESPOSITO  
*Evoluzione nei distretti industriali e domanda di istituzione.*
- 1990, 3.13 Guido CELLA  
*Measuring spatial linkages: input-output and shadow prices.*
- 1990, 3.14 Emanuele SALSANO  
*Seminari di economia.*

- 1990, 3.15 Emanuele SALSANO  
*Investimenti, valore aggiunto e occupazione in Italia in contesto biregionale: una prima analisi dei dati 1970/1982.*
- 1990, 3.16 Alessandro PETRETTO- Giuseppe PISAURO  
*Uniformità vs selettività nella teoria della ottima tassazione e dei sistemi tributari ottimali.*
- 1990, 3.17 Adalgiso AMENDOLA  
*Inflazione, disoccupazione e aspettative. Aspetti teorici dell'introduzione di aspettative endogene nel dibattito sulla curva di Phillips.*
- 1990, 3.18 Pasquale PERSICO  
*Il Mezzogiorno e le politiche di sviluppo industriale.*
- 1990, 3.19 Pasquale PERSICO  
*Priorità delle politiche strutturali e strategie di intervento.*
- 1990, 3.20 Adriana BARONE - Concetto Paolo VINCI  
*La produttività nella curva di Phillips.*
- 1990, 3.21 Emiddio GALLO  
*Varianze ed invarianze socio-spaziali nella transizione demografica dell'Italia post-industriale.*
- 1991, 3.22 Alfonso GAMBARDELLA  
*I gruppi etnici in Nicaragua. Autonomia politica ed economica.*
- 1991, 3.23 Maria SCATTAGLIA  
*La stima empirica dell'offerta di lavoro in Italia: una rassegna.*
- 1991, 3.24 Giuseppe CELI  
*La teoria delle aree valutarie: una rassegna.*
- 1991, 3.25 Paola ADINOLFI  
*Relazioni industriali e gestione delle risorse umane nelle imprese italiane.*
- 1991, 3.26 Antonio e Bruno PELOSI  
*Sviluppo locale ed occupazione giovanile: nuovi bisogni formativi.*
- 1991, 3.27 Giuseppe MARIGLIANO  
*La formazione del prezzo nel settore dell'intermediazione commerciale.*
- 1991, 3.28 Maria PROTO  
*Risorse naturali, merci e ambiente: il caso dello zolfo.*
- 1991, 3.29 Salvatore GIORDANO  
*Ricerca sullo stato dei servizi nelle industrie del salernitano.*

- 1992, 3.30 Antonio LOPES  
*Crisi debitoria e politiche macroeconomiche nei paesi in via di sviluppo negli anni 80.*
- 1992, 3.31 Antonio VASSILLO  
*Circuiti economici semplici, complessi, ed integrati.*
- 1992, 3.32 Gaetano Fausto ESPOSITO  
*Imprese ed istituzioni nel Mezzogiorno: spunti analitici e modalità di relazione.*
- 1992, 3.33 Paolo COCCORESE  
*Un modello per l'analisi del sistema pensionistico.*
- 1994, 3.34 Aurelio IORI  
*Il comparto dei succhi di agrumi: un caso di analisi interorganizzativa.*
- 1994, 3.35 Nicola POSTIGLIONE  
*Analisi multicriterio e scelte pubbliche.*
- 1994, 3.36 Adriana BARONE  
*Cooperazione nel dilemma del prigioniero ripetuto e disoccupazione involontaria.*
- 1994, 3.37 Adriana BARONE  
*Le istituzioni come regolarità di comportamento.*
- 1994, 3.38 Maria Giuseppina LUCIA  
*Lo sfruttamento degli idrocarburi offshore tra sviluppo economico e tutela dell'ambiente.*
- 1994, 3.39 Giuseppina AUTIERO  
*Un'analisi di alcuni dei limiti strutturali alle politiche di stabilizzazione nei LCDs.*
- 1994, 3.40 Bruna BRUNO  
*Modelli di contrattazione salariale e ruolo del sindacato.*
- 1994, 3.41 Giuseppe CELI  
*Cambi reali e commercio estero: una riflessione sulle recenti interpretazioni teoriche.*
- 1995, 3.42 Alessandra AMENDOLA, M. Simona ANDREANO  
*The TAR models: an application on italian financial time series.*
- 1995, 3.43 Leopoldo VARRIALE  
*Ambiente e turismo: Parco dell'Iguazù - Argentina.*

- 1995, 3.44 A. PELOSI, R. LOMBARDI  
*Fondi pensione: equilibrio economico-finanziario delle imprese.*
- 1995, 3.45 Emanuele SALSANO, Domenico IANNONE  
*Economia e struttura produttiva nel salernitano dal secondo dopoguerra ad oggi.*
- 1995, 3.46 Michele LA ROCCA  
*Empirical likelihood and linear combinations of functions of order statistics.*
- 1995, 3.47 Michele LA ROCCA  
*L'uso del bootstrap nella verosimiglianza empirica.*
- 1996, 3.48 Domenico RANESI  
*Le politiche CEE per lo sviluppo dei sistemi locali: esame delle diverse tipologie di intervento e tentativo di specificazione tassonomica.*
- 1996, 3.49 Michele LA ROCCA  
*L'uso della verosimiglianza empirica per il confronto di due parametri di posizione.*
- 1996, 3.50 Massimo SPAGNOLO  
*La domanda dei prodotti della pesca in Italia.*
- 1996, 3.51 Cesare IMBRIANI, Filippo REGANATI  
*Macroeconomic stability and economic integration. The case of Italy.*
- 1996, 3.52 Annarita GERMANI  
*Gli effetti della mobilitazione della riserva obbligatoria. Analisi sull'efficienza del suo utilizzo.*
- 1996, 3.53 Massimo SPAGNOLO  
*A model of fish price formation in the north sea and the Mediterranean.*
- 1996, 3.54 Fernanda MAZZOTTA  
*RTFL: problemi e soluzioni per i dati Panel.*
- 1996, 3.55 Angela SPAGNUOLO  
*Concentrazione industriale e dimensione del mercato: il ruolo della spesa per pubblicità e R&D.*
- 1996, 3.56 Giuseppina AUTIERO  
*The economic case for social norms.*
- 1996, 3.57 Francesco GIORDANO  
*Sulla convergenza degli stimatori Kernel.*
- 1996, 3.58 Tullio JAPPELLI, Marco PAGANO  
*The determinants of saving: lessons from Italy.*

- 1997, 3.59 Tullio JAPPELLI  
*The age-wealth profile and the life-cycle hypothesis: a cohort analysis with a time series of cross sections of Italian households.*
- 1997, 3.60 Marco Antonio MONACO  
*La gestione dei servizi di pubblico interesse.*
- 1997, 3.61 Marcella ANZOLIN  
*L'albero della qualità dei servizi pubblici locali in Italia: metodologie e risultati conseguiti.*
- 1997, 3.62 Cesare IMBRIANI, Antonio LOPES  
*Intermediazione finanziaria e sistema produttivo in un'area dualistica. Uno studio di caso.*
- 1997, 3.63 Tullio JAPPELLI  
*Risparmio e liberalizzazione finanziaria nell'Unione europea.*
- 1997, 3.64 Alessandra AMENDOLA  
*Analisi dei dati di sopravvivenza.*
- 1997, 3.65 Francesco GIORDANO, Cira PERNA  
*Gli stimatori Kernel per la stima non parametrica della funzione di regressione.*
- 1997, 3.66 Biagio DI SALVIA  
*Le relazioni marittimo-commerciali nell'imperiale regio litorale austriaco nella prima metà dell'800.*  
*I. Una riclassificazione delle Tafeln zur Statistik der Österreichischen Monarchie.*
- 1997, 3.67 Alessandra AMENDOLA  
*Modelli non lineari di seconda e terza generazione: aspetti teorici ed evidenze empiriche.*
- 1998, 3.68 Vania SENA  
*L'analisi econometrica dell'efficienza tecnica. Un'applicazione agli ospedali italiani di zona.*
- 1998, 3.69 Domenico CERBONE  
*Investimenti irreversibili.*
- 1998, 3.70 Antonio GAROFALO  
*La riduzione dell'orario di lavoro è una soluzione al problema disoccupazione: un tentativo di analisi empirica.*
- 1998, 3.71 Jacqueline MORGAN, Roberto RAUCCI  
*New convergence results for Nash equilibria.*

- 1998, 3.72 Rosa FERRENTINO  
*Niels Henrik Abel e le equazioni algebriche.*
- 1998, 3.73 Marco MICOCCI, Rosa FERRENTINO  
*Un approccio markoviano al problema della valutazione delle opzioni.*
- 1998, 3.74 Rosa FERRENTINO, Ciro CALABRESE  
*Rango di una matrice di dimensione  $K$ .*
- 1999, 3.75 Patrizia RIGANTI  
*L'uso della valutazione contingente per la gestione del patrimonio culturale: limiti e potenzialità.*
- 1999, 3.76 Annamaria NESE  
*Il problema dell'inefficienza nel settore dei musei: tecniche di valutazione.*
- 1999, 3.77 Gianluigi COPPOLA  
*Disoccupazione e mercato del lavoro: un'analisi su dati provinciali.*
- 1999, 3.78 Alessandra AMENDOLA  
*Un modello soglia con eteroschedasticità condizionata per tassi di cambio.*
- 1999, 3.79 Rosa FERRENTINO  
*Su un'applicazione della trasformata di Laplace al calcolo della funzione asintotica di non rovina.*
- 1999, 3.80 Rosa FERRENTINO  
*Un'applicazione della trasformata di Laplace nel caso di una distribuzione di Erlang.*
- 1999, 3.81 Angela SPAGNUOLO  
*Efficienza e struttura degli incentivi nell'azienda pubblica: il caso dell'industria sanitaria.*
- 1999, 3.82 Antonio GAROFALO, Cesare IMBRIANI, Concetto Paolo VINCI  
*Youth unemployment: an insider-outsider dynamic approach.*
- 1999, 3.83 Rosa FERRENTINO  
*Un modello per la determinazione del tasso di riequilibrio in un progetto di fusione tra banche.*
- 1999, 3.84 DE STEFANIS, PORZIO  
*Assessing models in frontier analysis through dynamic graphics.*
- 1999, 3.85 Annunziato GESUALDI  
*Inflazione e analisi delle politiche fiscali nell'U.E..*
- 1999, 3.86 R. RAUCCI, L. TADDEO  
*Dalle equazioni differenziali alle funzioni  $e^x$ ,  $\log x$ ,  $a^x$ ,  $\log_a x$ ,  $x^x$ .*

- 1999, 3.87 Rosa FERRENTINO  
*Sulla determinazione di numeri aleatori generati da equazioni algebriche.*
- 1999, 3.88 C. PALMISANI, R. RAUCCI  
*Sulle funzioni circolari: una presentazione non classica.*
- 2000, 3.89 Giuseppe STORTI, Pierluigi FURCOLO, Paolo VILLANI  
*A dynamic generalized linear model for precipitation forecasting.*
- 2000, 3.90 Rosa FERRENTINO  
*Un procedimento risolutivo per l'equazione di Dickson.*
- 2000, 3.91 Rosa FERRENTINO  
*Un'applicazione della mistura di esponenziali alla teoria del rischio.*
- 2000, 3.92 Francesco GIORDANO, Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Bootstrap variance estimates for neural networks regression models.*
- 2000, 3.93 Alessandra AMENDOLA, Giuseppe STORTI  
*A non-linear time series approach to modelling asymmetry in stock market indexes.*
- 2000, 3.94 Rosa FERRENTINO  
*Sopra un'osservazione di De Vylder.*
- 2000, 3.95 Massimo SALZANO  
*Reti neurali ed efficacia dell'intervento pubblico: previsioni dell'inquinamento da traffico nell'area di Villa S. Giovanni.*
- 2000, 3.96 Angela SPAGNUOLO  
*Concorrenza e deregolamentazione nel mercato del trasporto aereo in Italia.*
- 2000, 3.97 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Teoremi ingannevoli.*
- 2000, 3.98 Francesco GIORDANO  
*Una procedura per l'inizializzazione dei pesi delle reti neurali per l'analisi del trend.*
- 2001, 3.99 Angela D'ELIA  
*Some methodological issues on multivariate modelling of rank data.*
- 2001, 3.100 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Nuove classi di funzioni scalari quasiconcave generalizzate: caratterizzazioni ed applicazioni a problemi di ottimizzazione.*
- 2001, 3.101 Adriana BARONE, Annamaria NESE  
*Some insights into night work in Italy.*
- 2001, 3.102 Alessandra AMENDOLA, Marcella NIGLIO

*Predictive distributions of nonlinear time series models.*

- 2001, 3.103 Roberto RAUCCI  
*Sul concetto di certo equivalente nella teoria HSSB.*
- 2001, 3.104 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*On stackelberg games: a result of unicity.*
- 2001, 3.105 Roberto RAUCCI  
*Una definizione generale e flessibile di insieme limitato superiormente in  $\mathfrak{R}^n$*
- 2001, 3.106 Roberto RAUCCI  
*Stretta quasiconcavit  nelle forme funzionali flessibili.*
- 2001, 3.107 Roberto RAUCCI  
*Sugli insiemi limitati in  $\mathfrak{R}^m$  rispetto ai coni.*
- 2001, 3.108 Roberto RAUCCI  
*Monotonie, isotonie e indecomponibilit  deboli per funzioni a valori vettoriali con applicazioni.*
- 2001, 3.109 Roberto RAUCCI  
*Generalizzazioni del concetto di debole Kuhn-Tucker punto-sella.*
- 2001, 3.110 Antonia Rosa GURRIERI, Marilene LORIZIO  
*Le determinanti dell'efficienza nel settore sanitario. Uno studio applicato.*
- 2001, 3.111 Gianluigi COPPOLA  
*Studio di una provincia meridionale attraverso un'analisi dei sistemi locali del lavoro. Il caso di Salerno.*
- 2001, 3.112 Francesco GIORDANO  
*Reti neurali per l'analisi del trend: un approccio per identificare la topologia della rete.*
- 2001, 3.113 Marcella NIGLIO  
*Nonlinear time series models with switching structure: a comparison of their forecast performances.*
- 2001, 3.114 Damiano FIORILLO  
*Capitale sociale e crescita economica. Review dei concetti e dell'evidenza empirica.*
- 2001, 3.115 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Generalizzazione del concetto di continuit  e di derivabilit .*
- 2001, 3.116 Marcella NIGLIO  
*Ricostruzione dei dati mancanti in serie storiche climatiche.*

- 2001, 3.117 Vincenzo VECCHIONE  
*Mutamenti del sistema creditizio in un'area periferica.*
- 2002, 3.118 Francesco GIORDANO, Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Bootstrap variable selection in neural network regression models.*
- 2002, 3.119 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Insiemi debolmente convessi e concavità in senso generale.*
- 2002, 3.120 Vincenzo VECCHIONE  
*Know how locali e percorsi di sviluppo in aree e settori marginali.*
- 2002, 3.121 Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Neural networks with dependent data.*
- 2002, 3.122 Pietro SENESI  
*Economic dynamics: theory and policy. A stability analysis approach.*
- 2002, 3.123 Gianluigi COPPOLA  
*Stima di un indicatore di pressione ambientale: un'applicazione ai comuni della Campania.*
- 2002, 3.124 Roberto RAUCCI  
*Sull'esistenza di autovalori e autovettori positivi anche nel caso non lineare.*
- 2002, 3.125 Maria Carmela MICCOLI  
*Identikit di giovani lucani.*
- 2002, 3.126 Sergio DESTEFANIS, Giuseppe STORTI  
*Convexity, productivity change and the economic performance of countries.*
- 2002, 3.127 Giovanni C. PORZIO, Maria Prosperina VITALE  
*Esplorare la non linearità nei modelli Path.*
- 2002, 3.128 Rosa FERRENTINO  
*Sulla funzione di Seal.*
- 2003, 3.129 Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Identificazione del livello intermedio nelle reti neurali di tipo feedforward.*
- 2003, 3.130 Alessandra AMENDOLA, Marcella NIGLIO, Cosimo VITALE  
*The exact multi-step ahead predictor of SETARMA models.*
- 2003, 3.131 Mariangela BONASIA  
*La dimensione ottimale di un sistema pensionistico: means tested vs programma universale.*
- 2003, 3.132 Annamaria NESE  
*Abitazione e famiglie a basso reddito.*

- 2003, 3.133 Maria Lucia PARRELLA  
*Le proprietà asintotiche del Local Polynomial Bootstrap.*
- 2003, 3.134 Silvio GIOVE, Maurizio NORDIO, Stefano SILVONI  
*Stima della prevalenza dell'insufficienza renale cronica con reti bayesiane: analisi costo efficacia delle strategie di prevenzione secondaria.*
- 2003, 3.135 Massimo SALZANO  
*Globalization, complexity and the holism of the italian school of public finance.*
- 2003, 3.136 Giuseppina AUTIERO  
*Labour market institutional systems and unemployment performance in some Oecd countries.*
- 2003, 3.137 Marisa FAGGINI  
*Recurrence analysis for detecting non-stationarity and chaos in economic times series.*
- 2003, 3.138 Marisa FAGGINI, Massimo SALZANO  
*The reverse engineering of economic systems. Tools and methodology.*
- 2003, 3.139 Rosa FERRENTINO  
*In corso di pubblicazione.*
- 2003, 3.140 Rosa FERRENTINO, Roberto RAUCCI  
*Sui problemi di ottimizzazione in giochi di Stackelberg ed applicazioni in modelli economici.*
- 2003, 3.141 Carmine SICA  
*In corso di pubblicazione.*
- 2004, 3.142 Sergio DESTEFANIS, Antonella TADDEO, Maurizio TORNATORE  
*The stock of human capital in the Italian regions.*
- 2004, 3.143 Elena Laureana DEL MERCATO  
*Edgeworth equilibria with private provision of public good.*
- 2004, 3.144 Elena Laureana DEL MERCATO  
*Externalities on consumption sets in general equilibrium.*
- 2004, 3.145 Rosa FERRENTINO, Roberto RAUCCI  
*Su alcuni criteri delle serie a termini non negativi.*
- 2004, 3.146 Rosa FERRENTINO, Roberto RAUCCI  
*Legame tra le soluzioni di Minty e di Stempacenhia nelle disequazioni variazionali.*

- 2004, 3.147 Gianluigi COPPOLA  
*In corso di pubblicazione.*
- 2004, 3.148 Massimo Spagnolo  
*The Importance of Economic Incentives in Fisheries Management*
- 2004, 3.149 F. Salsano  
*La politica monetaria in presenza di non perfetta osservabilità degli obiettivi del banchiere centrale.*
- 2004, 3.150 A. Vita  
*La dinamica del cambiamento nella rappresentazione del territorio. Una mappa per i luoghi della Valle dell'Irno.*
- 2004, 3.151 Celi  
*Empirical Explanation of vertical and horizontal intra-industry trade in the UK: a comment.*
- 2004, 3.152 Amendola – P. Vitale  
*Self-Assessment and Career Choices: An On-line resource for the University of Salerno.*
- 2004, 3.153 A. Amendola – R. Troisi  
*Introduzione all'economia politica dell'organizzazione: nozioni ed applicazioni.*
- 2004, 3.154 A. Amendola – R. Troisi  
*Strumenti d'incentivo e modelli di gestione del personale volontario nelle organizzazioni non profit.*
- 2004, 3.155 Lavinia Parisi  
*La gestione del personale nelle imprese manifatturiere della provincia di Salerno.*
- 2004, 3.156 Angela Spagnuolo – Silvia Keller  
*La rete di accesso all'ultimo miglio: una valutazione sulle tecnologie alternative.*
- 2005, 3.157 Davide Cantarelli  
*Elasticities of Complementarity and Substitution in Some Functional Forms. A Comparative Review.*
- 2005, 3.158 Pietro Coretto – Giuseppe Storti  
*Subjective Expectations in Economics: a Statistical overview of the main findings.*
- 2005, 3.159 Pietro Coretto – Giuseppe Storti  
*Moments based inference in small samples.*

- 2005, 3.160 Massimo Salzano  
*Una simulazione neo-keynesiana ad agenti eterogeni.*
- 2005, 3.161 Rosa Ferrentino  
*Su alcuni paradossi della teoria degli insiemi.*
- 2005, 3.162 Damiano Fiorillo  
*Capitale sociale: uno o molti? Pochi.*
- 2005, 3.163 Damiano Fiorillo  
*Il capitale sociale conta per outcomes (macro) economici?.*
- 2005, 3.164 Damiano Fiorillo – Guadalupi Luigi  
*Attività economiche nel distretto industriale di Nocera inferiore – Gragnano.  
Un'analisi su Dati Tagliacarne.*
- 2005, 3.165 Rosa Ferrentino  
*Pointwise well-posedness in vector optimization and variational inequalities.*
- 2005, 3.166 Roberto Iorio  
*La ricerca universitaria verso il mercato per il trasferimento tecnologico e rischi per l'Open Science: posizioni teoriche e filoni di indagine empirica.*
- 2005, 3.167 Marisa Faggini  
*The chaotic system and new perspectives for economics methodology. A note.*
- 2005, 3.168 Francesco Giordano  
*Weak consistent moving block bootstrap estimator of sampling distribution of CLS estimators in a class of bilinear models*
- 2005, 3.169 Edgardo Sica  
*Tourism as determinant of economic growth: the case of south-east asian countries.*
- 2005, 3.170 Rosa Ferrentino  
*On Minty variational inequalities and increasing along rays functions.*
- 2005, 3.171 Rosa Ferrentino  
*On the Minty and Stampacchia scalar variational inequalities*



Stampa a cura della C.U.S.L. Cooperativa Universitaria Studio e Lavoro, Via Ponte Don Melillo, Fisciano per conto Del Dipartimento di Scienze Economiche e Statistiche