

Analisi sistemica della performance nelle strutture di ricerca

[Systemic Analysis of Performance in Research Organizations]

Mario Coccia
(Ceris-Cnr)

Settembre 1999

Abstract

Aim of this paper is to build methodologies of performance evaluation for research organisations, using a systemic approach. This approach considers the interrelations between administrative and scientific activities.

The methods are based on: *i*) ranks, *ii*) ratios [Max Index : 100 = index lab i : x] and *iii*) research evaluations laboratories (*relabs*) function. The latter proves to be the best measurement system, because its indexes are a combination of quality, quantity and cost measures. The evaluation system described in the paper is applied to Institutes of National Research Council in Piedmont region. The comparison among the methods shows a *Spearman's coefficient of rank correlation* of about 0.8; these methods are simple, objective and focuses on outcome, not behaviour.

Jel Classification: C00, C13, C60, O32, O39

Keywords: Performance Evaluation Methodologies, Systemic Approach, Research Organization

Il presente lavoro è il terzo di una serie che analizza il trasferimento della conoscenza nelle strutture di ricerca pubbliche, in particolare degli Istituti Cnr operanti nella regione Piemonte. Pur essendo il solo responsabile degli errori ed omissioni riscontrabili nel testo, sento di dover ringraziare alcune persone per i loro contributi in termini scientifici e di rapporti umani. Tra questi il direttore del Ceris-Cnr, Dott. Secondo Rolfo, per i suoi utili commenti. Mi sento inoltre in debito nei confronti delle assistenti di ricerca, Maria Zittino e Silvana Zelli, che con pazienza e precisione hanno curato l'*editing* del lavoro.

*The ideal system measures quality, quantity and cost,
is simple,
and emphasizes evaluation of R&D outcomes
rather than behaviour*

MARK G. BROWN AND RAYNOLD A. SVENSON (1998)

INDICE

	<i>Pagina</i>
0	Introduzione 1
1	La valutazione dell'attività di ricerca: aspetti teorici..... 5
2	Gli indici di misurazione dell'attività di ricerca 14
	2.1 Indici finanziari 14
	2.2 Indici di trasferimento tecnologico tacito 16
	2.3 Indici bibliometrici 17
	2.4 Indice tecnologico 18
3	I metodi di valutazione della performance negli organi di ricerca 19
	3.1 Il metodo dei ranghi 19
	3.2 Il metodo della proporzione (o del rapporto)..... 21
	3.3 La funzione <i>relabs</i> 22
4	Il confronto dei metodi 24
5	Un'applicazione empirica dei metodi sugli Istituti Cnr presenti nella regione Piemonte 24
	5.1 Il metodo dei ranghi 27
	5.2 Il metodo della proporzione (o del rapporto)..... 31
	5.3 La funzione <i>relabs</i> 33
	5.4 Il confronto dei metodi 34
	5.5 L'analisi statistico-econometrica 36
6	Le conclusioni 39
	Appendice A: Matematica 41
	Appendice B: Statistica 42
	Bibliografia 45

Introduzione

Gli organi di ricerca pubblici e privati sono delle entità che svolgono attività di ricerca scientifica (progetti di ricerca, know-how, ecc.), di servizi (consulenze, tarature, omologazioni, certificazioni, ecc.) ed operazioni amministrative. La letteratura sulla valutazione dei laboratori di ricerca si fonda soprattutto sull'analisi bibliometrica e tecnometrica. Gli indicatori bibliometrici sono usati in due principali tipi di analisi: 1) della struttura ed evoluzione dei campi scientifici; 2) valutazione dell'output scientifico e tecnologico (van Raan, 1988).

Nel primo caso bisogna selezionare un insieme di documenti scientifici che coprono un campo di ricerca. Il passo successivo è estrarre una serie di termini chiave. La rilevanza dei termini è misurata attraverso la loro ricorrenza: p.e. il numero di volte due termini appaiono nello stesso segmento di un documento. Importanti sono stati a questo riguardo i contributi di Callon et al. (1983) sull'analisi dell'unione di parole, Small e Griffith (1974) sull'analisi della co-citazione e Braam et al. (1991) sulle due analisi combinate.

Nel secondo caso la valutazione è fatta con indici di produzione e produttività sul numero di pubblicazioni (Price, 1963; Marton, 1972) e sul numero di volte in cui una ricerca è citata nello Science Citation Index (impatto).

L'analisi tecnometrica invece valuta l'output tecnologico dei vari organi di ricerca attraverso il numero di brevetti (Griliches, 1990; Grupp, 1992).

Gli indicatori bibliometrici e tecnometrici trascurano le risorse finanziarie a disposizione degli organi che hanno un ruolo importantissimo per l'attività di produzione scientifica, dipendendo da esse anche il personale impegnato nell'attività di ricerca.

Il presente studio si propone di costruire strumenti metodologici utilizzabili per l'analisi dell'attività dei laboratori di ricerca e per la valutazione della performance, tenendo conto delle interdipendenze che legano le attività. I laboratori, come ogni tipo di azienda, hanno un legame naturale tra operazioni amministrative ed attività scientifica il quale fa sì che lo studio di queste ultime non può prescindere dall'esistenza delle prime.

Nei metodi preposti si terrà conto di come alcune attività sono misurate con quantità fisiche (numero di pubblicazioni, numero di corsi, ecc.), ed altre in quantità monetarie che esprimono l'aspetto economico. I modelli di valutazione costruiti cercano di conciliare questi due tipi di misurazione.

L'analisi di valutazione della performance degli organi di ricerca si può svolgere in due modi:

- *singola*, attraverso opportuni indici, che ha come limite l'impossibilità di effettuare una valutazione complessiva se gli indicatori considerati danno segnali contrastanti circa la situazione degli organi;
- *sistemica*, valuta congiuntamente tutti gli indici ottenendo un valore che sintetizza l'attività dell'organo di ricerca. Questo è l'approccio utilizzato nella costruzione dei tre metodi di valutazione: il primo, detto metodo dei ranghi, consiste nel fare delle graduatorie dei laboratori (labs) col valore ottenuto dai vari indici; il secondo metodo, della proporzione (o rapporto), consiste nel fare una media dei valori ottenuti dalle proporzioni con gli indici considerati. Infine il metodo della funzione *relabs* (research evaluation laboratories) è caratterizzato da k-indici ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$) che matematicamente si collocano su uno spazio multidimensionale, grazie al vettore dei valori ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$). Utilizzando una funzione di combinazione lineare dei valori assunti dagli indici si ha una nuova variabile Ω . Ottenuto Ω , le unità (laboratori) possono o essere elencati in una classifica o valutati in base al proprio "score", confrontandolo eventualmente col valore medio.

La funzione combinazione lineare assume la forma:

$$\Omega = \delta_1 X_1 + \delta_2 X_2 + \delta_3 X_3 + \dots + \delta_k X_k$$

dove:

Ω = valore di ogni unità (Laboratorio)

δ_i = valori scalari

X_i = indici ($i= 1,2, \dots, k$)

In questo lavoro, dopo una trattazione teorica sullo stato dell'arte nella valutazione degli organi di ricerca (paragrafo 1), si descrivono gli indici utilizzati nella valutazione sistemica di performance (paragrafo 2). I paragrafi tre e quattro descrivono

teoricamente le metodologie elaborate per la valutazione globale dell'attività dei laboratori di ricerca ed il confronto degli stessi per testare la bontà delle graduatorie scaturite dai medesimi. Il paragrafo cinque invece applica empiricamente le metodologie ad un caso di studio concreto rappresentato dai nove Istituti Cnr operanti in Piemonte ed appartenenti a diverse aree di ricerca (economica, ambientale, tecnologica, ecc.), mentre il sotto paragrafo 5.5 farà un'analisi dei risultati emersi. La ricerca è chiusa da una serie di considerazioni conclusive e su eventuali evoluzioni future della ricerca (paragrafo 6).

1. La valutazione dell'attività di ricerca: aspetti teorici

Un sistema è un insieme di parti (materiali ed immateriali) interagenti e coordinati per il raggiungimento di uno scopo comune. Gli organi di ricerca sono particolari sistemi economici, istituiti e condotti dall'uomo, che sviluppano un processo di produzione scientifica utilizzando prevalentemente risorse assegnate dallo Stato. Stafford Beer (1973) mostra come gli n elementi di un sistema presentano $n(n-1)$ relazioni evidenziate attraverso i legami che uniscono le parti. I laboratori di ricerca, come le imprese di produzione, possono essere considerati dei sistemi di tipo *aperto*, poiché hanno interscambi (di energia, materie, informazioni, ecc.) con l'ambiente (l'esterno del sistema), e *a retroazione*, in quanto sono influenzati dal proprio comportamento passato. Nell'ambito di queste unità si realizzano processi (sequenze spazio-temporali di eventi), ognuno dei quali è connesso con l'andamento e la storia dei precedenti e perciò è possibile, in un determinato intervallo di tempo, distinguere uno stato iniziale ed uno stato finale del processo. L'organo di ricerca, struttura molto complessa di parti interdipendenti tra loro ed in relazione con l'ambiente esterno, può essere analizzato con un *approccio sistemico* come quello proposto dalla Teoria generale dei sistemi. Questa filosofia di ricerca, nata dal progresso tecnologico, si è rapidamente estesa quando Jay W. Forrester (1977) elaborò la *dinamica dei sistemi* per analizzare la struttura dei sistemi complessi, siano essi meccanici, sociali o misti. Considerare gli organi di ricerca come sistemi significa affermare che i suoi elementi sono legati gli uni agli altri nello svolgimento del processo di produzione scientifica che genera come output, la ricerca materia prima essenziale per l'aumento del benessere sociale delle nazioni. Le strutture di ricerca oggi sono sempre più protagonisti all'interno del processo economico dei paesi industrializzati poiché supportano le imprese di fronte alle sfide tecnologiche degli scenari mondiali diventati sempre più turbolenti. L'esigenza di aumentare l'efficienza e l'efficacia di questi organi pone in primo piano l'elaborazione di metodologie per misurare la produttività della R&S (Bozeman e Melkers, 1993; Sirilli, 1985). La valutazione della performance degli organi di ricerca pubblici e privati molto spesso è basata *sull'analisi bibliometrica* che riflette un aspetto molto importante delle società moderne, la comunicazione. La bibliometria

studia l'output scientifico con l'uso di dati sulle pubblicazioni. Essa riguarda la misurazione di "unità fisiche di pubblicazioni, bibliografie, citazioni e loro surrogati" (Broadus, 1987). Pritchard (1969) la definisce come "l'applicazione di metodi matematici e statistici a libri ed altri media di comunicazione". Nella bibliometria si utilizzano tre principali indici, di produzione, di produttività e d'impatto sui gruppi di ricerca (Luwell et al., 1999), che considerano l'avanzamento della scienza adeguatamente rappresentata dalla bibliografia.

La *produzione* è misurata attraverso il numero di articoli pubblicati dagli scienziati in un gruppo. La *produttività* mette in relazione questo numero di pubblicazioni al numero di tempo totale equivalente speso per una ricerca scientifica. L'*impatto* è una serie di indici basati sul numero di volte la pubblicazione è citata sui 3.500 giornali scientifici internazionali coperti dallo Science Citation Index (SCI), prodotto dall'Istituto per l'Informazione Scientifica (Garfield, 1979). Le informazioni includono il titolo degli articoli, il nome di tutti gli autori, i centri di ricerca affiliati e le citazioni bibliografiche. Le forme tecniche di analisi bibliometriche sono:

- *Numero di pubblicazioni.* Questo approccio implica il conteggio degli articoli scientifici pubblicati da ricercatori o gruppi di ricerca. La tecnica descrive semplicemente l'output scientifico (Stephan e Levin, 1988). Il principale inconveniente è di non fornire alcuna indicazione sulla qualità dell'output.
- *Numero di citazioni.* Può essere considerato come il primo passo per avere informazioni sulla qualità, sull'influenza degli articoli e sul trasferimento della conoscenza. I dati considerati sono il numero di volte un certo articolo, od autore, è citato in altri lavori. Si parte dall'assunzione "più un lavoro è importante, più spesso è citato".
- *Analisi delle co-citazioni.* Sviluppato all'inizio degli anni settanta, è un metodo che identifica coppie o gruppi di articoli che sono citati insieme in altre pubblicazioni (Small e Griffith, 1973; Tijssen e Leeuw, 1988). Da questa analisi deriva una struttura cognitiva che fornisce informazioni sulla direzione e flusso del pensiero scientifico e sulla misura del livello di interazione fra le aree scientifiche.
- *Analisi delle coppie o gruppi di parole (co-word analysis).* Questa tecnica, nata nel 1980, consiste nell'assegnazione di parole chiave ad un articolo da parte di persone esperte (Callon et al., 1983). L'articolo che ha le stesse parole chiave o insieme di

parole è legato a ogni altro con una tecnica di cluster (Mullins et al. 1988; Rip e Courtial, 1984). L'analisi co-word usa la frequenza delle parole chiave per sviluppare una mappa metrica.

- *Mappatura scientifica.* Le tecniche delle co-citazioni e delle co-word sono utilizzate per lo sviluppo di una mappa della scienza che fornisce informazioni sulla localizzazione di specifici campi all'interno del dominio scientifico, così come la distanza tra le varie discipline. Nella mappatura, l'analisi co-word aiuta ad illustrare le idee responsabili del cambiamento nella scienza, invece, l'analisi di co-citazione la base della conoscenza usata in un particolare sviluppo nella scienza. Importante è l'uso della mappatura scientifica nella R&D management poiché serve a valutare le potenziali aree di investimento (Healey et al., 1986).
- *Citazioni in brevetti.* Un'altra tecnica usata dall'analisi bibliometrica sono le analisi di brevetti per bibliografia di altri brevetti o pubblicazioni. Questa analisi serve a valutare l'importanza dei brevetti e la struttura di rete esistente tra individui, organizzazioni e paesi. Inoltre offre una misura delle relazioni tra scienza e tecnologia (Collins e Wyatt, 1988).

L'analisi bibliometrica anche se dà molte informazioni sull'attività di ricerca, presenta alcuni problemi; infatti molti lavori di grande importanza diventano patrimonio comune e quindi la letteratura fa riferimento senza citarli; molte citazioni possono essere di natura critica invece che positive; i vari campi scientifici sono coltivati da gruppi di diversa ampiezza e quindi la probabilità di essere citati varia da caso a caso; il valore di un lavoro scientifico non sempre è conosciuto dai contemporanei (Sirilli, 1985).

La valutazione della performance degli organi di ricerca può essere svolta anche con gli *indicatori non bibliometrici*, chiedendo agli scienziati loro valutazioni su i singoli campi scientifici o analizzando i conferimenti ufficiali conferiti ai ricercatori dalla comunità scientifica. Stahl e Stegen (1977) usando il metodo del giudizio dei colleghi, hanno potuto verificare nei laboratori di ricerca dell'aviazione statunitense come i ricercatori che producevano un output giudicato originale e utile erano pure coloro che si distinguevano per quantità di output misurato in termini di pubblicazioni, brevetti ed altro (Narin e Olivastro, 1988; Griliches, 1990; Grupp, 1992).

La valutazione degli organi di ricerca solo con *indici bibliometrici* o *non bibliometrici* risulta essere non completa poiché non tiene conto di molti altri aspetti che influenzano l'attività scientifica, come i finanziamenti ottenuti ed il numero di personale attivo. Inoltre una valutazione completa deve tener conto anche dell'attività tacita che è paragonabile alla parte sommersa di un iceberg che non è visibile, ma molto consistente (Polanyi, 1966). In questo lavoro si parte dall'ipotesi che gli organi o laboratori di ricerca sono un sistema che lavora all'interno di un macro sistema rappresentato da una grande organizzazione, p.e. i laboratori di enti pubblici di ricerca sono una cellula di R&S facente parte di un sistema più grande che dà le direttive sulla ricerca di base con un orizzonte di medio-lungo termine.

Se si considerano gli organi di ricerca come un sistema che produce beni e servizi con i suoi input, processi produttivi (di attività scientifica) ed output (Brown e Svenson, 1998), questo matematicamente può essere espresso con la seguente funzione:

$$S_{ors} = f(P, B, O, \dots)$$

dove

S_{ors} = Sistema degli organi di ricerca scientifica

P= personale di ricerca

B= beni

O=organizzazione

Il sistema degli organi di ricerca non si identifica con la somma delle tre componenti identificate, ma è il risultato della loro combinazione secondo determinate regole, le quali vengono a costituire la legge di funzionamento del sistema. L'attività del sistema si esplica attraverso un processo unitario nel quale possono individuarsi gli svolgimenti collegati di vari processi complementari ed interagenti.

La prima componente P (personale di ricerca) è quella più importante nelle unità di ricerca. Uno studioso tedesco, il Nicklisch (1932), per evidenziare l'importanza del fattore umano nei sistemi produttivi, afferma "Der Betrieb ist der Mensch" (l'azienda è l'uomo). Il carattere dinamico del sistema è soprattutto dovuto a codesta fondamentale componente che si differenzia in singole unità o gruppi di unità, a seconda delle funzioni che le persone svolgono nel sistema. Inoltre, il personale di ricerca riveste una grande importanza poiché è alla base delle dinamiche cognitive (le modalità di creazione e diffusione delle conoscenze) dagli organi di ricerca all'ambiente esterno. La

conoscenza nasce a livello individuale e poi è ampliata e moltiplicata all'interno del sistema organizzativo (Nonaka, 1994). Gli organi di ricerca, a differenza delle imprese, non solo creano conoscenza ma la trasferiscono anche a livello macro, verso l'ambiente esterno, dove diventa conoscenza diffusa per lo sviluppo del sistema economico.

Passando ora a specificare brevemente la componente B (beni), si può dire che essa rappresenta tutti i mezzi esterni all'uomo. Si tratta in genere di beni economici che gli economisti chiamiamo ricchezze. Essi vanno dalle apparecchiature, ai laboratori, alle biblioteche, ai crediti, e così via. I mezzi sono acquisiti dall'organo di ricerca tramite una dotazione finanziaria, assegnata o dallo Stato o dalla direzione (laboratori privati), che trova appunto impiego in spese di investimento, funzionamento e missioni. Infine la componente O (organizzazione) investe sia le forze personali (P), sia quelle materiali ed immateriali (B); essa rappresenta il processo attraverso il quale le forze economiche agenti nel sistema sono definite e coordinate in relazione alle operazioni da compiersi per il raggiungimento degli obiettivi.

Analizzando il sistema degli organi di ricerca si trovano:

1. Gli *input* sono le risorse del sistema che generano il processo cognitivo. In un laboratorio di ricerca gli input sono il fattore umano, le informazioni, le idee, le apparecchiature, le biblioteche, le strutture e le fonti di finanziamento. Se il laboratorio è in un'impresa il lavoro di ricerca è svolto in base alle specifiche richieste delle divisioni di marketing, produzione, progettazione, ecc.; se è pubblico il lavoro svolto, oltre a seguire alcuni filoni di ricerca autonomi, riguarda anche commesse ricevute da altri organi esterni (pubblica amministrazione o enti privati). Una notevole importanza ha negli organi di ricerca il lavoro su commessa poiché genera un consistente autofinanziamento. Schmenner (1987) mostra alcuni fattori che influenzano la capacità produttiva delle imprese che lavorano su commessa. Alcuni di questi fattori possono essere di interesse per gli organi di ricerca, come:
 - la dimensione delle commesse;
 - la complessità delle commesse. Questo fattore pesa di più in termini di differenze di output prodotto piuttosto che in termini di differenze di fatturato;
 - il mix di commesse già in corso. Il numero e la natura delle commesse già in corso influenzano la capacità dell'organo di svolgere ricerca; se più commesse sono in

lavorazione contemporaneamente, può succedere che alcune possono arrestarsi in attesa che un particolare ricercatore si liberi dagli impegni;

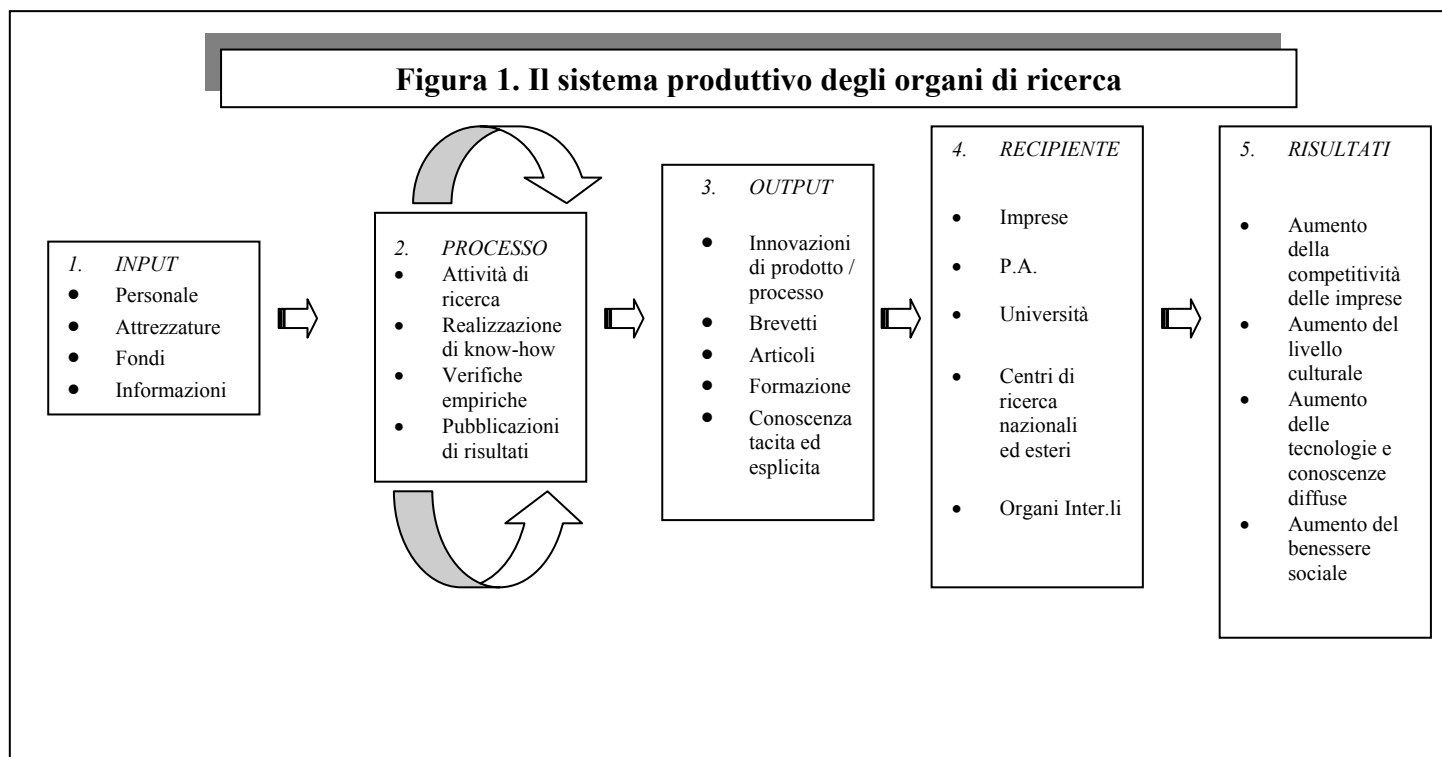
- la capacità di programmare bene il lavoro. Questo è il lavoro più difficile da svolgere. Una buona programmazione evita anche nei laboratori di ricerca i cosiddetti colli di bottiglia tipici delle aziende manifatturiere. La mancanza di personale di ricerca genera molte difficoltà nel raggruppare correttamente le commesse e crea più colli di bottiglia;
- i miglioramenti del processo. Ogni progresso nei metodi impiegati per produrre consente al laboratorio di aumentare la sua capacità produttiva;
- il numero di attrezzature e la loro efficienza. Il progresso tecnologico ha semplificato molto il lavoro nei laboratori di ricerca, basti pensare all'uso dei computer;
- la quantità e qualità della manodopera. La forza lavoro gioca un ruolo essenziale nei laboratori di ricerca.

Il laboratorio di ricerca deve essere sufficientemente flessibile per gestire commesse molto eterogenee.

2. Il *processo produttivo* di un organo di ricerca trasforma gli input in output attraverso la realizzazione di progetti di ricerche, di corsi di formazione, di attività di servizi, ecc.
3. Gli *output* dei laboratori di ricerca sono la realizzazione di libri, manuali, documenti, report, progetti, formule, programmi software, innovazioni di prodotto, processo ed organizzative, brevetti. Questi output rientrano nel trasferimento esplicito della conoscenza (Nonaka, 1994) ma da alcuni studi è emerso come negli organi di ricerca, soprattutto pubblici, c'è una consistente attività tacita attraverso la diffusione di conoscenza con formazione interna e corsi di insegnamento esterni. Oltre a queste attività esplicite e tacite gli organi di ricerca, grazie alla competenza accumulata in campi specifici ed alla disponibilità di apparecchiature all'avanguardia, svolgono anche una serie di servizi innovativi come le consulenze, l'omologazione, l'accreditamento, le tarature, la certificazione, ecc. (Coccia, 1999).
4. Il sistema che assorbe l'output va distinto a seconda se si tratta di un organo di ricerca privato o pubblico. Nel primo caso sono principalmente le divisioni dell'impresa (produzione, marketing, ecc.) o le imprese facenti parte del gruppo. Nel

caso dell'organo di ricerca pubblico, il recipiente del trasferimento è molto più ampio e contiene fruitori che variano a seconda l'output sia esplicito o tacito. Nel caso del trasferimento esplicito i fruitori sono imprese manifatturiere, organi della pubblica amministrazione, organi internazionali e professionisti, interessati alla soddisfazione dei bisogni, al miglioramento della competitività o alle ricerche che abbiano ricadute positive sulla collettività per l'aumento del livello di benessere sociale. Nel caso di trasferimento tacito i principali fruitori sono le università maggiormente interessate all'innalzamento del livello culturale necessario a creare il capitale umano per sostenere lo sviluppo futuro del paese.

5. I *risultati* degli organi di ricerca sono le variabili che hanno valore per i sistemi riceventi. Se l'ente di ricerca è privato può essere la riduzione dei costi, il volume di fatturato, nuovi prodotti, quote di mercato, ecc. Se l'ente di ricerca è pubblico può essere l'aumento del livello culturale, la soluzione di problemi sociali (crescita economica, riduzione della disoccupazione,...), l'aumento della competitività del sistema industriale nazionale, ecc.



La misurazione e valutazione degli organi di ricerca pubblici e privati si basa sui loro output, tenendo conto di tre dimensioni: il costo, la quantità e la qualità. Il considerare queste tre variabili nella misurazione dei risultati mostra il reale valore aggiunto che un organo di ricerca riversa nei sistemi riceventi. Secondo Brown e Svenson (1998) nella misurazione della performance dei laboratori di R&S si possono commettere alcuni errori fra cui:

- Il sistema ideale di valutazione della performance include misurazioni del comportamento, attività del fattore umano e dei risultati. In particolare si dovrebbe focalizzare l'attenzione prima sui risultati e poi secondariamente sul comportamento del fattore umano. Molte ricerche si limitano solo al secondo aspetto.
- Molte organizzazioni private e pubbliche, visto che investono sempre più in laboratori di R&S, per valutare l'efficienza degli stessi calcolano la produttività col rapporto tra l'entità di entrate finanziarie dagli output prodotti e l'entità di uscite per gli input. Queste misurazioni sono soprattutto di quantità e si devono tener conto in un sistema di misurazione della performance degli organi di ricerca, ma per non dare analisi sbagliate bisogna tener conto anche dei costi e della qualità.
- Tentativi volti a sviluppare sistemi di misurazione e valutazione completa hanno spesso condotto allo sviluppo di modelli complessi con più variabili (20-30) difficili da valutare e molto spesso ridondanti.
- Alcuni modelli per la valutazione e misurazione dell'attività di R&S dei laboratori sono più qualitativi che quantitativi. Le misurazioni qualitative a differenza di quelle quantitative hanno un margine di soggettività maggiore.

Gli studiosi Brown e Svenson (1998) danno alcune raccomandazioni per realizzare modelli di misurazione efficienti dei laboratori di R&S:

- La valutazione interna dei laboratori di ricerca è importante come strumento del controllo della qualità in-process. Le misurazioni esterne invece aumentano la validità e l'importanza. La maggior parte dei sistemi di misurazione della R&S non includono componenti per la misurazione dei risultati basati sui feedback del sistema ricevente. Un'eccezione è la misurazione fatta al laboratorio di ricerche di Alcoa (Patterson, 1983) dove è stimato il valore di dollaro per risultato in termini di capitale-risparmiato.

- Molta focalizzazione sui risultati. Il personale di ricerca genera progetti, analisi di dati, preparazioni di rapporti, pubblicazioni, trasferimenti tecnologici, ecc. Poiché i risultati non sono facilmente misurabili come pagine scritte, numero di parti prodotte, molte organizzazioni hanno sviluppato sistemi per misurare i comportamenti del personale. Il comportamento è importante quando valutiamo un ricercatore individuale ma non quando misuriamo la performance di un laboratorio di R&S considerato come sistema.
- Gli output dovrebbero essere misurati in tre dimensioni: costi, quantità e qualità. Anche i risultati (Figura 1) dovrebbero essere misurati sulle stesse tre dimensioni, con una maggiore enfasi sul ritorno degli investimenti.
- Le misurazioni dovrebbero essere formulate su modelli semplici. I migliori sistemi di misurazione sono basati su un kit di 6-8 indici che combinano aspetti qualitativi, quantitativi e valutazioni di costo (economico-finanziarie).
- Realizzare sistemi di misurazione oggettivi. La quantità è un tipico sistema di misurazione oggettivo, mentre è impossibile misurare la qualità in maniera oggettiva, ma è possibile minimizzarla in un sistema di valutazione. Un esempio è utilizzare più dati esterni, ogni qualvolta è possibile, per valutare il lavoro di un ricercatore.
- Separare la valutazione della ricerca dallo sviluppo. Il primo output della ricerca è informazione e conoscenza che diventano un input per lo sviluppo. Un sistema di misurazione dovrebbe avere differenti indici per valutare sia la ricerca sia lo sviluppo. Alcune variabili chiave per valutare lo sviluppo sono: il ciclo di vita del prodotto, il time to market, i fattori di qualità, quantità e costo.

In sintesi il sistema di valutazione ideale secondo Brown e Svenson (1998) dovrebbe avere:

- misure esterne e non interne
- focalizzarsi sui risultati e non sui comportamenti
- output e risultati misurati su tre dimensioni: costo, quantità e qualità
- essere semplice (6-7 indici)
- essere principalmente oggettivo e non soggettivo

2. Gli indici di misurazione dell'attività di ricerca

Il presente lavoro considera, per valutare la performance scientifica degli organi di ricerca, una serie di sette indici. Gli indici sono raggruppati in quattro categorie e tengono conto di tutti gli aspetti della vita degli organi, da quello finanziario a quello tecnologico e scientifico in generale.

- Gli indici finanziari misurano due aspetti: la dipendenza degli organi di ricerca dalle assegnazioni esterne e la loro capacità di autofinanziamento; quest'ultimo è anche un indicatore della forza di trasferimento tecnologico esplicito.
- Gli indici di trasferimento tacito misurano la capacità degli organi di trasferire conoscenze in maniera informale.
- Gli indici bibliometrici misurano la capacità degli organi di produrre articoli scientifici, a livello nazionale ed internazionale, su tematiche di ricerca di base ed applicata.
- L'indice tecnometrico, indica la capacità degli organi di produrre innovazioni di prodotto e di processo con attività brevettuale.

Vediamo in dettaglio i vari indici (nelle pagine che seguono le voci laboratorio ed organo di ricerca sono usate col medesimo significato).

2.1 *Indici finanziari*

A = Indice di dotazione attribuita agli organi di ricerca

Ogni organo di ricerca riceve delle assegnazioni finanziarie mediante trasferimenti dalla sede centrale. Per valutare la dipendenza degli organi di ricerca dalle assegnazioni, la dotazione finanziaria assegnata è divisa, in ogni laboratorio, con il personale di ricerca dell'anno di competenza. L'indice di dipendenza finanziaria, a valore monetario, ha la seguente formula:

$$A_{DFi} = \frac{D_i}{P_i} \times 100$$

dove:

A_{DFi} = Indice di dipendenza finanziaria dell'organo i-esimo

D_i = \sum_{ij} (somma) nell'organo i-esimo delle j assegnazioni da parte della sede centrale

P_i = \sum_i numero del personale di ricerca dell'organo i-esimo

$i \in \{1, 2, \dots, n\}$

$j=1, 2, \dots, m$

Questo indice indica il volume delle risorse finanziarie fornite al laboratorio dalla sede centrale per lo svolgimento dell'attività scientifica di ricerca.

B = Indice di autofinanziamento (misura il trasferimento tecnologico esplicito)

L'effettiva capacità di autofinanziamento dei laboratori è valutata con le entrate generate dall'attività di trasferimento tecnologico divise il personale di ricerca dell'anno di competenza. L'indice di autofinanziamento, a valore monetario, ha la seguente formula:

$$B_{AFi} = \frac{E_i}{P_i} \times 100$$

dove:

B_{AFi} = Indice di autofinanziamento del laboratorio i-esimo

E_i = \sum_{ij} (somma) nell'organo i-esimo delle j entrate finanziarie derivanti dal trasferimento di attività tecnologiche verso soggetti esterni

P_i = \sum_i numero del personale di ricerca del laboratorio i-esimo

$i \in \{1, 2, \dots, n\}$

$j=1, 2, \dots, m$

Il presente indice misura la capacità dell'organo di reperire risorse all'esterno (autofinanziamento) ma è allo stesso tempo un indicatore della capacità di trasferimento tecnologico esplicito.

2.2 *Indici di trasferimento tecnologico tacito*

Il trasferimento tecnologico tacito rappresenta quella attività che le organizzazioni spesso sottovalutano perché invisibile e difficile da misurare, ma è della stessa rilevanza del trasferimento tecnologico formale. L'attività è stata individuata grazie ai seguenti indicatori:

- numero del personale in formazione che gravita all'interno degli organi;
- numero degli incarichi di insegnamento dei ricercatori.

X = Indice del personale in formazione

Il primo indice riguarda il personale in formazione, X_{TF} , ed è costruito come segue:

$$X_{TFi} = \frac{T_i}{P_i} \times 100$$

dove:

X_{TFi} = Indice di trasferimento tacito che misura il livello di formazione all'interno del laboratorio (lab) i-esimo

T_i = \sum_i numero del personale in formazione presso il lab (i-esimo)

P_i = \sum_i numero di personale di ricerca

$i \in \{1, 2, \dots, n\}$

Il presente indice misurando l'entità del personale in formazione presso il lab, ci indica anche la capacità di trasferire conoscenze in maniera tacita ai soggetti fruitori (borsisti, dottorandi, laureandi, stagisti, ecc.).

Δ = Indice dell'attività di insegnamento

Un altro indicatore dell'attività tacita sono i corsi di insegnamento tenuti dai ricercatori presso enti esterni. Qui l'effettiva capacità di trasferimento tecnologico tacito è stata valutata con l'indice ($\Delta_{Tdocenza}$) costruito dividendo il numero dei corsi svolti col personale di ricerca.

La formula dell'indice è:

$$\Delta_{Tdi} = \frac{C_i}{P_i} \times 100$$

dove:

Δ_{Tdi} = Indice di trasferimento tacito misurato con i corsi di insegnamento del lab i-esimo

C_i = \sum_i numero corsi svolti dai ricercatori del lab (i-esimo) per enti esterni

P_i = \sum_i numero di personale di ricerca

$i \in \{1, 2, \dots, n\}$

Il presente indice misura l'entità dei corsi svolti dagli organi. Come l'indice precedente è un indicatore della capacità di trasferimento informale della conoscenza attraverso l'insegnamento dei ricercatori presso istituzioni esterne (Università, scuole di formazione post-laurea, ecc.).

2.3 *Indici bibliometrici*

E = indice delle pubblicazioni nazionali

Il presente indice è calcolato facendo la somma del numero di articoli pubblicati su riviste nazionali, libri pubblicati con editori italiani, pubblicazioni degli atti di congressi nazionali ed i rapporti interni editi dall'organo. Il numero totale è diviso con il totale del personale di ricerca.

$$E_{PNi} = \frac{PN_i}{P_i} \times 100$$

dove:

E_{PNi} = Indice delle pubblicazioni nazionali dell'organo i-esimo

PN_i = \sum_{ij} (somma) nel lab i-esimo delle j pubblicazioni nazionali

P_i = \sum_i numero del personale di ricerca dell'organo i-esimo

$i \in \{1, 2, \dots, n\}$

$j=1, 2, \dots, m$

Φ = indice delle pubblicazioni internazionali

Il presente indice è calcolato facendo la somma del numero di articoli pubblicati su riviste internazionali, libri pubblicati con editori esteri, pubblicazioni degli atti di congressi internazionali. Anche qui, il numero totale è diviso con il personale di ricerca.

$$\Phi_{PITi} = \frac{PIT_i}{P_i} \times 100$$

dove:

Φ_{PNi} = Indice delle pubblicazioni internazionali del lab i-esimo

$PN_i = \sum_{ij}$ (somma) nel lab i-esimo delle j pubblicazioni internazionali

$P_{3i} = \sum_i$ numero del personale di ricerca dell'organo i-esimo

$i \in \{1, 2, \dots, n\}$

$j=1, 2, \dots, m$

2.4 *Indice tecnologico*

 Γ = indice tecnometrico

Il presente indice è calcolato facendo la somma del numero di brevetti per invenzioni o scoperte (omologati ed estesi a diversi paesi) fatti dal personale del laboratorio i-esimo.

$$\Gamma_{BRi} = BR_i$$

dove:

Γ_{BRi} = Indice tecnometrico del laboratorio i-esimo

$BR_i = \sum_{ij}$ (somma) nel laboratorio i-esimo dei j brevetti

$i \in \{1, 2, \dots, n\}$

$j=1, 2, \dots, m$

3. I metodi di valutazione della performance negli organi di ricerca

Il sistema di valutazione costruito è basato su tre metodi semplici che misurano i risultati dell'attività di ricerca lungo tre dimensioni (costo, quantità e qualità) e si focalizzano su aspetti oggettivi e non su singoli comportamenti. Il sistema suddetto colma una parte degli errori più frequenti sottolineati da Brown e Svenson (1998) nelle metodologie di valutazione descritte nella precedente parte teorica. Il centro di imputazione dell'indagine sono gli organi di ricerca, invece, i sette indici illustrati nel paragrafo 2 si considerano gli elementi di un insieme \mathfrak{S} (associato ad ogni singola struttura di ricerca) al quale è attribuito un valore numerico (score o punteggio) dalle tre metodologie costruite: dei ranghi, del rapporto e della funzione *relabs*. Alla fine, la performance di ogni organo, rappresentata dal suddetto punteggio, è utilizzata per ordinare gli stessi in una graduatoria crescente (questo avviene attribuendo ai valori di performance ottenuti x_i, y_i, z_i , i numeri dei ranghi r_i, s_i, t_i), dal basso verso l'alto, dove nei posti più alti si trovano le strutture con una maggiore efficienza scientifica di quelle collocate nelle posizioni medio-basse. Seguendo questa impostazione ordinale i valori emersi dai metodi sono importanti solamente in quanto ordinano le diverse performance, o, in altri termini, non è importante l'esatto valore della differenza tra insiemi: se un organo di ricerca i ha un valore di performance doppio rispetto ad un altro j , secondo l'impostazione ordinale, i sarà ordinato semplicemente su un rango più alto rispetto a j . Il punteggio degli organi di ricerca, assegnato con i metodi e sostituito dal posto nella graduatoria, è una sintesi di aspetti quantitativi, qualitativi e di costo quindi se un lab i ha un rango più alto del lab j , avrà qualcosa in più in termini di qualità, quantità e costo.

3.1 Il metodo dei ranghi

Il presente metodo consiste nel calcolare i sette indici per ogni organo di ricerca, poi il valore ottenuto è utilizzato per la formazione di sette tabelle per ranghi, una per ogni indice, con punteggi in ordine decrescente dall'alto verso il basso. L'unica eccezione è la prima graduatoria che rappresenta l'indice di dipendenza finanziaria

dell'organo di ricerca dalle risorse fornite dalla sede centrale; essa è sistemata in ordine crescente dall'alto verso il basso.

Sia TA la tabella relativa all'Indice $A = (\alpha_1, \alpha_i, \dots, \alpha_n)$ dove α sono i valori ottenuti per ogni organo $i=1, \dots, n$ (p.e. nove).

Tabelle TA

Laboratorio i	Valore assoluto α_i	Punteggio αy_{hi} ($h=1, \dots, m$)
1	α_1	$m+n-1$
...
...	...	$m+1$
N	α_n	m

Ogni graduatoria contiene n valori, uno per ogni laboratorio, e al fianco di ognuno è attribuito un punteggio da m a $m+n-1$ partendo dal basso e salendo in ordine crescente di una unità per ogni rango. La presente tabella si costruisce per tutti gli altri sei indici $B = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$, $X = (\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n)$, $\Delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)$, $E = (\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n)$, $\Phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n)$, $\Gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$

Alla fine ogni laboratorio ha sette valori-punteggio che sono le componenti dell'insieme $\mathfrak{S} = (\alpha y_{hi}, \beta y_{hi}, \chi y_{hi}, \delta y_{hi}, \epsilon y_{hi}, \phi y_{hi}, \gamma y_{hi})$. La media y_{hi} degli elementi dell'insieme \mathfrak{S} è:

$$y_{hi} = \alpha y_{hi} + \beta y_{hi} + \chi y_{hi} + \delta y_{hi} + \epsilon y_{hi} + \phi y_{hi} + \gamma y_{hi} / 7$$

dove:

y_{hi} = valore del rango medio del lab i -esimo

αy_{hi} = punteggio h del lab i -esimo nella tabella dell'indice A

βy_{hi} = punteggio h del lab i -esimo nella tabella dell'indice B

...

Calcolati gli n (p.e.nove) y_{hi} , si procederà, infine, in base al punteggio del rango medio a fare la classifica finale. Tale classifica, detta J, mette i valori in ordine decrescente dall'alto verso il basso e rappresenta il grado medio dei vari organi di svolgere ricerca scientifica, in base ai sette indici considerati. Chiaramente in alto si

trovano i labs che hanno una maggiore capacità, in fondo alla classifica quelli che hanno una minore capacità sistemica nello svolgimento dell'attività scientifica.

3.2 Il metodo della proporzione (o del rapporto)

Partendo dai valori della seconda colonna del metodo dei ranghi ($\alpha_i, \beta_i, \chi_i, \delta_i, \varepsilon_i, \phi_i, \gamma_i$) si formano n tabelle, una per ogni organo di ricerca, contenete ciascuna sette righe, una per ogni indice, più una totale ed una del valore medio. Le colonne invece sono due: nella prima c'è una proporzione e nella seconda il valore x , soluzione della proporzione.

La tabella ha la seguente forma:

Laboratorio i		
proporzione		valore
1	valore max dell'indice (A) : 100 = valore del lab i (α_i) : x	$100 - x$ (si considera il reciproco per dare un miglior valore a quegli organi che hanno minor finanziamento dalla sede centrale e viceversa)
2	valore max dell'indice (B) : 100 = valore del lab i (β_i) : x	x_1
3	valore max dell'indice (X) : 100 = valore del lab i (χ_i) : x	x_2
...
7	valore max dell'indice (Γ) : 100 = valore del lab i (γ_i) : x	x_7
		T= valore totale = $x_1 + x_2 + \dots + x_7$
		Valore medio $i = T / 7$

Alla fine costruite le n tabelle (n rappresenta il numero delle strutture di ricerca, p.e. nove), ci saranno m valori medi i che sistemati in una tabella finale a ranghi, in ordine decrescente dall'alto verso il basso, mostreranno la capacità sistemica dei labs di svolgere attività scientifica.

Il presente metodo differisce dal precedente poiché ogni valore relativo dell'organo è rapportato al valore massimo di ogni vettore A, B, X, in modo tale da avere tutti valori che variano da 0 a 100; quanto più il valore è prossimo a cento tanto

maggiore è la performance del laboratorio e quindi più in alto si collocherà nella graduatoria. Alla fine si otterrà come per il primo metodo una tabella finale per ranghi (Tabella K).

3.3 La funzione relabs

La funzione *relabs* è una combinazione lineare (Appendice A: Matematica) dei vari indici che sintetizza aspetti quantitativi, qualitativi e di costo.

Consideriamo i sette indici, con i rispettivi valori degli n organi di ricerca:

$$A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$$

$$B = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$$

$$X = (\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n)$$

$$\Delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)$$

$$E = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$$

$$\Phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n)$$

$$\Gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$$

Definizione

Siano $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ il numero di organi di ricerca, siano A, B, X, Δ, E, Φ, Γ gli indici di valutazione con i rispettivi componenti $(\alpha_i, \beta_i, \chi_i, \delta_i, \varepsilon_i, \phi_i, \gamma_i)$. Si chiama funzione di valutazione dell'attività di ricerca nei laboratori, Ω_{relabs} (relabs è l'acronimo inglese di research evaluation **laboratories**), la seguente combinazione lineare:

$$\Omega_{relabs}(i) = 3 - \left(\frac{1}{\max A}\right) \times \alpha_i + \left(\frac{1}{\max B}\right) \times \beta_i + \left(\frac{1}{\max X}\right) \times \chi_i + \left(\frac{1}{\max \Delta}\right) \times \delta_i + \left(\frac{1}{\max E}\right) \times \varepsilon_i + 2 \left(\frac{1}{\max \Phi}\right) \times \phi_i + \left(1 \text{ se } \gamma_i \geq 0; \quad 0 \text{ se } \gamma_i = 0\right)$$

Imponendo:

$$X_1 = (1 / \max A) \times \alpha_i$$

$$X_2 = (1 / \max B) \times \beta_i$$

....

$$X_7 = (1 \text{ se } \gamma_i \geq 1; \quad 0 \text{ se } \gamma_i = 0)$$

si ha $\Omega_{relabs}(i) = 3 - X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + 2 X_6 + X_7$

La funzione *relabs* consiste nel rapportare i valori numerici dei lab ($\alpha_i, \beta_i, \chi_i, \delta_i, \epsilon_i, \phi_i, \gamma_i$) al valore massimo dei vettori A, B, X, Δ, E, Φ.

Il valore dell'indice X_1 (indice di finanziamento della dotazione) è non positivo per penalizzare i labs che ricorrono al maggior finanziamento della sede centrale. I valori del vettore Φ (X_6) sono moltiplicati per 2 al fine di dare un maggior peso qualitativo alle pubblicazioni oggetto di diffusione internazionale. Sui valori del vettore Γ, si applica un modello (0, 1) e cioè il valore 1 se il numero dei brevetti è almeno 1, il valore 0 se non ci sono brevetti; il motivo è non penalizzare gli organi di ricerca operanti nelle scienze sociali o matematiche che non producono brevetti come quelli di altre scienze (fisica, chimica, ...).

Le principali proprietà sono:

Proprietà 1

Sia $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ e $j \in \{1, 2, \dots, 7\}$; $\forall X_j \in \Omega_{relabs}(i)$ si ha che $X_j \in [0,1] \subseteq \mathfrak{R}$,

Proprietà 2

Sia $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ e $j \in \{1, 2, \dots, 7\}$; $\forall X_j \in \Omega_{relabs}$ si ha $\Omega_{relabs}(i) \max = 10$ ($\Omega_{replabs}(i) \min = 2$)

Proprietà 3

Sia $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ e $j \in \{1, 2, \dots, 7\}$; $\forall X_j$ si ha $\Omega_{relabs}(i) \text{ medio} = \max / 2$

Proprietà 4

Sia $H = [2, 5]$ l'insieme di valori di performance inferiori o uguali al valore medio. Sia $H' =]5, 10]$, l'insieme di valori di performance superiori al valore medio.

$\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$ e $\forall X_j$, t.c. $j \in \{1, 2, \dots, 7\}$ se $\Omega_{\text{relabs}}(i) \in H \Rightarrow$ l'organo di ricerca i ha una performance dell'attività di ricerca inferiore o uguale alla media (se $\Omega_{\text{relabs}}(i) \in H' \Rightarrow$ l'organo di ricerca i ha una performance dell'attività di ricerca superiore alla media).
5 si può chiamare come *cut-off point*.

I valori scaturiti dalla funzione di valutazione $\Omega_{\text{relabs}} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ sono inseriti in una classifica per ranghi (Tabella L), in ordine decrescente dall'alto verso il basso, dove ogni posto rappresenta la performance dell'attività scientifica della struttura di ricerca.

4. Il confronto dei metodi

Dai tre metodi descritti nelle pagine precedenti scaturiscono tre tabelle finali (J,K,L), ordinate in maniera decrescente dall'alto verso il basso, dove ogni organo di ricerca può avere o lo stesso rango oppure un rango diverso (più alto o più basso). La bontà dei vari metodi può essere valutata attraverso i coefficienti di correlazione empirica dei ranghi di Spearman o Gini. L'utilità di questi indici è quello di far vedere se i risultati delle tabelle sono congruenti o meno.

Gli indici sono uguali ad +1 quando c'è perfetta concordanza tra le graduatorie in ordine crescente dei due caratteri; invece, assumono il valore -1 quando c'è perfetta contrograduazione, ossia massima discordanza fra le stesse graduatorie. Siccome dalla metodologia sono scaturite tre tabelle finali si possono applicare gli indici facendo tutte le possibili combinazioni a due delle tabelle finali (JK, JL, KL) e vedere quali classifiche danno risultati più simili.

Per una trattazione statistico-matematica degli indici di Spearman e Gini si rimanda all'Appendice B: Statistica.

5. Un'applicazione empirica dei metodi sugli Istituti Cnr presenti nella regione Piemonte

La bontà delle metodologie è stata testata sugli Istituti di Ricerca del CNR operanti in Piemonte, organi riconosciuti a livello internazionale per la loro attività di

ricerca in due grandi ambiti: la tecnologia ed i suoi usi industriali; l'economia, la natura e l'ambiente. I dati sono tratti dalle Relazioni finali degli Istituti del 1995-1996-1997. Prima di analizzare i risultati emersi dalla metodologia dei ranghi, della proporzione e della funzione *relabs*, per una maggiore chiarezza, si ritiene opportuno descrivere brevemente l'attività dell'Ente e dei singoli Istituti piemontesi.

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche Italiano (Cnr) è il più grande Ente Pubblico di Ricerca italiano istituito con lo scopo istituzionale di promuovere, coordinare e disciplinare la ricerca ai fini del progresso scientifico e tecnologico. L'attività scientifica istituzionale è svolta soprattutto attraverso gli Istituti, organi di ricerca totalmente dipendenti dal Cnr. In Piemonte, regione altamente industrializzata nel Nord-Ovest dell'Italia, operano nove Istituti Cnr che sviluppano tematiche di ricerca in due grandi ambiti: la tecnologia ed i suoi usi industriali; la natura e l'ambiente. I più importanti settori di ricerca svolti presso i quattro Istituti afferenti all'area tecnologica sono:

- la metrologia fondamentale e le sue applicazioni alle tecnologie avanzate e alle proprietà dei materiali: Istituto di Metrologia "G. Colonnetti" (IMGC);
- le tecnologie del taglio e della lavorazione industriale dei metalli: Istituto per la Lavorazione dei Metalli (ILM);
- le tecnologie di lavorazione per l'industria laniera: Istituto di Ricerche e Sperimentazione Laniera "O. Rivetti" (IRSL);
- le applicazioni della meccanizzazione e dell'automazione alle lavorazioni agricole: Istituto per la Meccanizzazione Agricola (IMA).

Gli Istituti afferenti alle altre aree (agraria, ambiente, geologia, fisica ed economia), invece, svolgono le seguenti tematiche di ricerca:

- la diagnosi ed il controllo delle malattie delle piante di origine virale: Istituto di Fitovirologia Applicata (IFA);
- il monitoraggio delle condizioni ambientali nelle acque lacustri svolto presso l'Istituto Italiano di Idrobiologia "M. De Marchi" (I I I) e nell'atmosfera presso l'Istituto di Cosmo-Geofisica (ICGF);

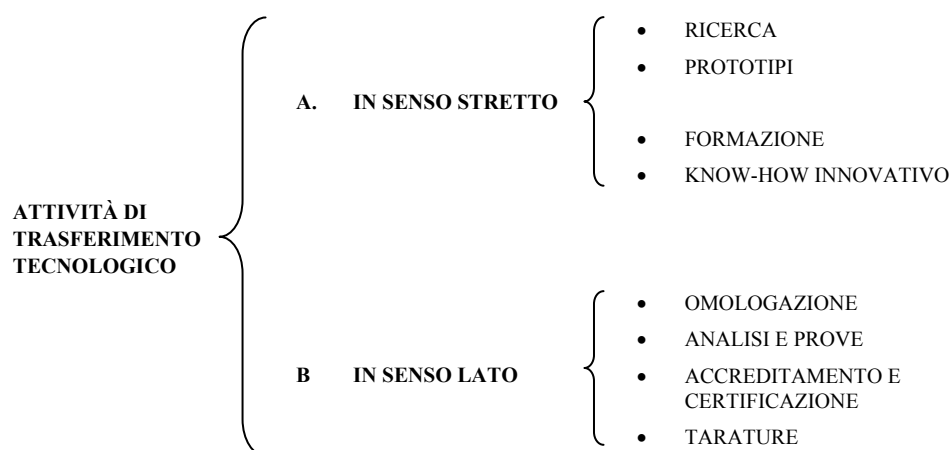
- le metodologie di studio nel campo geologico-morfologico finalizzate alla previsione e prevenzione di frane ed inondazioni: Istituto per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano (IRPI);
- lo studio dell'economia applicata e d'impresa: Istituto di Ricerca sull'Impresa e lo Sviluppo (CERIS).

Gli istituti CNR hanno i seguenti tipi di input:

- dotazione di risorse fornite dalla sede centrale di Roma;
- risorse reperite da contatti con soggetti esterni (autofinanziamento);
- personale di ricerca e tecnico;
- apparecchiature e strumentazioni;
- biblioteche e laboratori

Invece i principali output, frutto del processo di produttivo scientifico, sono (Coccia, 1999) rappresentati in Figura 2:

Figura 2. Tipologie attività di trasferimento tecnologico degli Istituti Cnr operanti in Piemonte



La panoramica degli Istituti Cnr è completata con la matrice Swot che rappresenta i punti forza e debolezza della struttura Cnr sul territorio nazionale:

**Matrice SWOT
(Strength – Weakness – Opportunity – Threat)**

Struttura Cnr	
<i>Punti di forza (+)</i>	<i>Punti di debolezza (-)</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Competenze in più campi (ambientale, agricolo, economico, industriale, servizi, ecc.) • Estensione su tutto il territorio regionale e collegamento ad una rete nazionale ed internazionale • Capacità di trasferimento esplicito e tacito • Ricercatori con elevate competenze scientifico-tecnologiche 	<ul style="list-style-type: none"> • Esperienze e metodologia per il trasferimento tecnologico a livello di prototipo • Mancanza di Marketing integrato della ricerca (analisi del mercato, analisi clienti, strutture organizzative, comunicazione) • Ricercatori con capacità integrata di analisi economico-finanziaria-tecnologica
<i>Opportunità</i>	<i>Minacce</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Domanda di tecnologie da parte di soggetti pubblici e privati • Aumento della capacità di autofinanziamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione della ricerca di base a vantaggio della ricerca industriale e delle prestazioni di servizi (in caso di forte proiezione verso il mercato)

5.1 Il metodo dei ranghi

Il metodo dei ranghi come descritto nella parte metodologica dà origine a tante tabelle quanto sono gli indici scelti. Siccome si considerano sette indici (si fa presente come ogni indice è rapportato sempre al numero di personale di ricerca di ogni Istituto per consentire un confronto omogeneo fra gli stessi), si avranno sette tabelle ciascuna riportante i valori dei vari Istituti ed i rispettivi punteggi da 10 ad 2 partendo dall'alto verso il basso.

Il primo indice, A, rappresenta la dotazione finanziaria fornita ad ogni Istituto dalla sede centrale di Roma.

La relativa tabella è:

Istituti	Dotazione	Personale⁽¹⁾	Indice A	Ranghi
IRPI	1001,8	59	17	10
IMGC	5119	297	17,2	9
ILM	864,5	50	17,3	8
IMA	1610,2	85	18,9	7
III	2640,5	121	21,5	6
IFA	2004	89	22,5	5
IRSL	1035	37	28	4
CERIS	1763,4	51	34,6	3
ICGF	3210	93	34,9	2

(1) Personale di ricerca dell'istituto i-esimo, tranne i collaboratori esterni ed il personale in formazione.

L'indice B esprime la capacità di autofinanziamento. I valori assunti dai vari Istituti sono:

Istituti	Autofinanziamento	Personale⁽¹⁾	Indice B	Ranghi
IRSL	1.198.289	37	32.386	10
IMGC	5.586.599	297	18.810	9
III	1.806.008	121	14.950	8
IMA	1.212.354	85	14.263	7
ILM	580.937	50	11.618	6
IRPI	412.490	59	6.991	5
CERIS	259.125	51	5.080	4
ICGF	390.893	92	4.249	3
IFA	337.355	89	3790	2

(1) Personale di ricerca dell'istituto i-esimo, tranne i collaboratori esterni ed il personale in formazione.

Dopo gli indici finanziari, si passa agli indici che esprimono la capacità di trasferimento tacito della conoscenza degli Istituti. L'indice X è un indicatore che esprime il personale in formazione all'interno degli Istituti:

Istituti	Personale in formazione	Personale⁽²⁾	Indice X	Ranghi
IRPI	34	35	97	10
CERIS	38	42	90	9
IRSL	15	22	68	8
III	39	64	61	7
IFA	22	38	58	6
ICGF	60	106	56	5
IMGC	63	113	56	5
IMA	10	23	43	4
ILM	6	14	43	4

(2) Personale di ricerca in ruolo del I, II, III livello, personale a contratto e collaboratori esterni dell'Istituto i-esimo.

L'indice Δ è l'altro indicatore del trasferimento tacito ed indica il numero di corsi svolti dai ricercatori presso enti esterni:

Istituti	Corsi di insegnamento	Personale⁽²⁾	Indice Δ	Ranghi
IMGC	123	113	109	10
CERIS	44	42	105	9
III	55	64	86	8
IFA	22	38	58	7
IRPI	20	35	57	6
ICGF	55	106	52	5
IMA	7	23	30	4
IRSL	1	22	4	3
ILM	0	0	0	0

(2) Personale di ricerca in ruolo del I, II, III livello, personale a contratto e collaboratori esterni dell'Istituto i-esimo.

L'indice E è un indice bibliometrico che rappresenta il numero di pubblicazioni in ambito nazionale prodotte dal personale di ricerca di ciascuno Istituto.

Istituti	Numero riviste nazionali	Personale⁽³⁾	Indice E	Ranghi
CERIS	169	51	3,31	10
IRPI	159	75	2,12	9
ICGF	151	93	1,62	8
IMA	105	90	1,16	7
IRSL	33	37	0,89	6
IMGC	258	297	0,86	5
ILM	40	50	0,80	4
III	97	123	0,78	3
IFA	57	89	0,64	2

(3) Personale di ricerca dell'Istituto i-esimo, tranne il personale afferente ad altre organizzazioni (p.e. università)

L'indice Φ , invece, è un indice bibliometrico che rappresenta il numero di pubblicazioni in ambito internazionale prodotte dal personale di ricerca di ciascuno Istituto.

Istituti	Numero articoli internazionali	Personale ⁽³⁾	Indice Φ	Ranghi
ICGF	209	93	2,24	10
III	125	123	1,01	9
IFA	57	89	0,64	8
ILM	37	50	0,74	7
IMGC	117	297	0,39	6
IRPI	29	75	0,38	5
CERIS	14	51	0,27	4
IMA	18	90	0,20	3
IRSL	3	37	0,08	2

(3) Personale di ricerca dell'Istituto i-esimo, tranne il personale afferente ad altre organizzazioni (p.e. università)

L'indice Γ , è un indice tecnometrico, rappresentante la capacità dei vari Istituti di realizzare innovazioni di prodotto e di processo misurati col numero di brevetti realizzati nel triennio.

Istituti	Numero brevetti	Personale	Indice Γ	Ranghi
IMGC	1	-	-	5
IMA	1	-	-	5
III	1	-	-	5
CERIS	-	-	-	-
IFA	-	-	-	-
IRSL	-	-	-	-
ICGF	-	-	-	-
ILM	-	-	-	-
IRPI	-	-	-	-

La tabella J' mostra nella terza colonna la media dei punteggi di ogni Istituto che esprime il grado di performance.

TABELLA J'

Istituti	$T = \sum_r \text{ranghi nelle tabelle}$ $(r=1, \dots, 7)$	$T / 7$
IMGC	49	7
III	46	6,6
IRPI	45	6,4
CERIS	39	5,5
IMA	38	5,4
IRSL	33	4,7
ICGF	33	4,7
IFA	30	4,2
ILM	29	4,1

La tabella J dell'impostazione ordinale è:

TABELLA J

Istituti
1. IMGC
2. III
3. IRPI
4. CERIS
5. IMA
6. IRSL
7. ICGF
8. IFA
9. ILM

5.2 *Il metodo della proporzione (o del rapporto)*

La presente metodologia applica, in ciascun Istituto, la seguente proporzione:

Max dell'indice : 100 = il valore nell'istituto i : incognita x

dove:

$$x = \frac{100 \times \text{valore Istituto } i}{\text{Max indice}}$$

In ciascun Istituto, per ogni indice si ottengono sette valori compresi fra 0 (minimo) e 100 (massimo). La tabella è la seguente, dove x è il risultato della proporzione:

INDICI	ICGF		IMGC		III		IFA	
		x		x		x		x
- A (complementare di A)	34,9:100=34,9:x	0	34,9:100=17,2:x	50,7	34,9:100=21,5:x	38,4	34,9:100=22,5:x	35,5
B	32386:100=4249:x	13,1	32386:100=18810:x	58,1	32386:100=14926:x	46,1	32386:100=3790:x	11,7
Δ	1,09:100=0,52:x	47,7	1,09:100=1,09:x	100	1,09:100=0,86:x	79	1,09:100=0,58:x	53,2
X	0,97:100=0,56:x	57,7	0,97:100=0,56:x	57,7	0,97:100=0,61:x	62,9	0,97:100=0,58:x	59,8
E	3,31:100=1,62:x	48,9	3,31:100=0,39:x	26	3,31:100=0,78:x	23,6	3,31:100=0,64:x	19,3
Φ	2,24:100=2,24=x	100	2,24:100=0,39=x	17,4	2,24:100=1,01=x	45,1	2,24:100=0,97=x	43,3
Γ		0		100		100		0
T= TOTALE		267,4		409,9		395,1		222,8
T / 7		38,2		58,5		56,4		31,8

INDICI	CERIS		IMA		IRSL		IRPI		ILM	
		x		x		x		x		x
- A (compl. di A)	34,9:100=34,6:x	0,9	34,9:100=18,9:x	45,8	34,9:100=28:x	19,8	34,9:100=17,3:x	50,4	34,9:100=17,3:x	50,4
B	32386:100=5081:x	15,7	32386:100=14263:x	44	32386:100=32386:x	100	32386:100=6991:x	21,6	32386:100=11618:x	35,9
Δ	1,09:100=1,05:x	96,3	1,09:100=0,3:x	27,5	1,09:100=0,04:x	3,7	1,09:100=0,57:x	52,3	1,09:100=0:x	0
X	0,97:100=0,9:x	92,8	0,97:100=0,43:x	44,3	0,97:100=0,68:x	70,1	0,97:100=0,97:x	100	0,97:100=0,43:x	44,3
E	3,31:100=3,31:x	100	3,31:100=1,16:x	35	3,31:100=0,89:x	26,9	3,31:100=2,12:x	64	3,31:100=0,80:x	24,2
Φ	2,24:100=0,27=x	12	2,24:100=0,39=x	8,9	2,24:100=0,08=x	3,6	2,24:100=0,38=x	17	2,24:100=0,74=x	33
Γ		0		100		0		0		
T= TOTALE		318		305		224		305		188
T / 7		45,4		43,6		32		43,6		26,8

Facendo la media aritmetica dei sette valori, si ottiene nell'ultima riga la performance di ogni Istituto valutata dai sette indici considerati e riassunta nella K':

TABELLA K'

Istituti	Score
IMGC	58,5
III	56,4
CERIS	45,4
IMA	43,64
IRPI	43,61
ICGF	38,2
IRSL	32,0
IFA	31,8
ILM	26,8

I valori di performance emersi nella tabella K' sono utilizzati per ordinare gli Istituti nella tabella K:

TABELLA K

Istituti
1. IMGC
2. III
3. CERIS
4. IMA
5. IRPI
6. ICGF
7. IRSL
8. IFA
9. ILM

5.3 La funzione *relabs*

La funzione *relabs* di valutazione della performance degli Istituti, è formata da otto operatori. All'inizio della funzione il valore 3 serve per ottenere valori massimi di 10, evitando di esprimere il massimo con un altro valore. Il secondo operatore è negativo poiché rappresenta il finanziamento degli Istituti da parte della sede centrale. Il penultimo operatore è moltiplicato per due perché, rappresentando pubblicazioni internazionali, si è voluto dare un maggior peso qualitativo rispetto alle pubblicazioni nazionali.

Gli operatori dal secondo all'ottavo hanno valori che oscillano tra 0 (minimo) ed 1 (massimo).

La funzione *relabs*, scaturita dall'applicazione empirica, è:

$$\Omega_{relabs}(i) = 3 - \left(\frac{1}{34,9}\right) \times \alpha_i + \left(\frac{1}{32386}\right) \times \beta_i + \left(\frac{1}{0,97}\right) \times \chi_i + \left(\frac{1}{1,09}\right) \times \delta_i + \left(\frac{1}{3,31}\right) \times \varepsilon_i + 2 \left(\frac{1}{2,24}\right) \times \phi_i + \left(1 \text{ se } \gamma_i \geq 0; \quad 0 \text{ se } \gamma_i = 0\right)$$

Il valore ottenuto dalla funzione per ogni Istituto è riassunto nella seguente tabella:

TABELLA L'

Istituti	Funzione	Score
III	3-0,61+0,46+0,62+0,78+0,23+0,9+1	6,38
IMGC	3-0,49+0,58+0,57+1+0,25+0,34+1	6,25
ICGF	3-1+0,13+0,57+0,47+0,48+2+0	5,65
CERIS	3-0,99+0,15+0,92+0,96+1+0,24	5,28
IRPI	3-0,48+0,21+1+0,52+0,64+0,32	5,21
IMA	3-0,54+0,44+0,44+0,27+0,35+0,16+1	5,12
IFA	3-0,64+0,11+0,59+0,53+0,19+0,86	4,64
IRSL	3-0,8+1+0,70+0,03+0,27+0,08	4,28
ILM	3-0,49+0,35+0,44+0+0,24+0,66	4,20

L'impostazione ordinale dà invece la seguente tabella (anche qui i posti rappresentano il grado di performance degli Istituti):

TABELLA L

Istituti
1. III
2. IMG C
3. ICGF
4. CERIS
5. IRPI
6. IMA
7. IFA
8. IRSL
9. ILM

5.4 *Il confronto dei metodi*

Le tabelle J, K, L scaturite dalle tre metodologie applicate, rappresentano i vari Istituti ordinati secondo il valore-performance ottenuto. Nella parte alta della graduatoria si trovano gli Istituti che hanno un valore della performance più alto, invece, in basso quelli con una performance minore. Qui si procederà al confronto fra i metodi calcolando, per semplicità, solo l'indice di Spearman e trascurando quello di Gini poiché i due danno risultati quasi uguali.

Tabella J	Tabella K	Tabella L
Istituti	Istituti	Istituti
1. IMG C	1. IMG C	1. III
2. III	2. III	2. IMG C
3. IRPI	3. CERIS	3. ICGF
4. CERIS	4. IMA	4. CERIS
5. IMA	5. IRPI	5. IRPI
6. IRSL	6. ICGF	6. IMA
7. ICGF	7. IRSL	7. IFA
8. IFA	8. IFA	8. IRSL
9. ILM	9. ILM	9. ILM

Dalle tre tabelle si ottengono tre combinazioni di due (J-K), (J-L) e (K-L) con relativo indice di Spearman:

1^a combinazione (J, K)

Istituti	Graduatoria tabella J r_i	Graduatoria tabella K s_i	$(r_i - s_i)^2$
IMGC	1	1	0
III	2	2	0
IRPI	3	5	4
CERIS	4	3	1
IMA	5	4	1
IRSL	6	7	1
ICGF	7	6	1
IFA	8	8	0
ILM	9	9	0
Totale			8

Indice di Spearman (J,K) = $1 - [6(8) / 9(81-1)] = 0,93$

2^a combinazione (J, L)

Istituti	Graduatoria tabella J r_i	Graduatoria tabella L s_i	$(r_i - s_i)^2$
IMGC	1	2	1
III	2	1	1
IRPI	3	5	4
CERIS	4	4	0
IMA	5	6	1
IRSL	6	8	4
ICGF	7	3	16
IFA	8	8	0
ILM	9	9	0
Totale			27

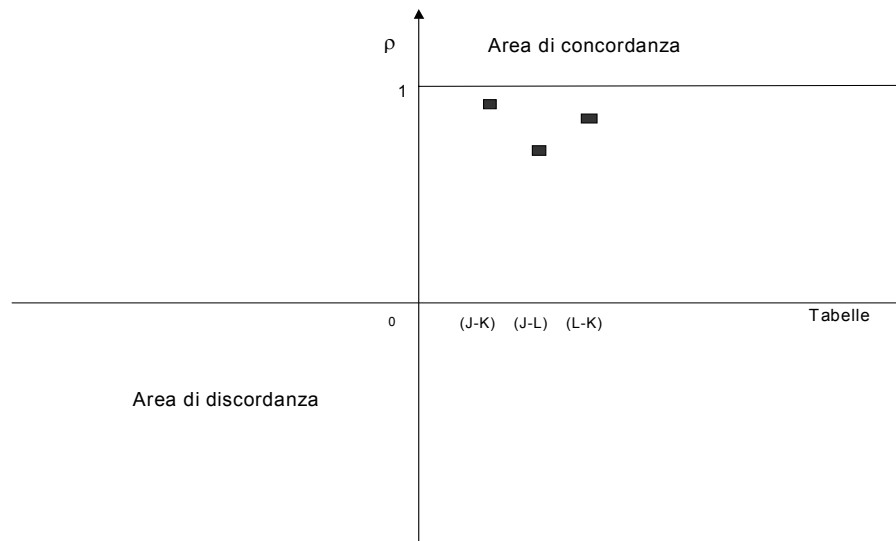
Indice di Spearman (J,L) = $1 - [6(27) / 9(81-1)] = 0,775$

3^a combinazione (K, L)

Istituti	Graduatoria tabella K r_i	Graduatoria tabella L s_i	$(r_i - s_i)^2$
IMGC	1	2	1
III	2	1	1
IRPI	5	5	0
CERIS	3	4	1
IMA	4	6	4
IRSL	7	8	1
ICGF	6	3	9
IFA	8	7	4
ILM	9	9	0
Totale			21

Indice di Spearman (K,L) = $1 - [6(21) / 9(81-1)] = 0,820$

Figura 3. Il coefficiente di correlazione dei ranghi di Spearman



La Figura 3 mostra come i valori degli indici di Spearman cadono tutti nell'area di concordanza a testimonianza dell'elevata correlazione dei ranghi fra le tabelle, in particolare elevato è il valore ρ (0,93) fra le graduatorie J-K.

5.5 L'analisi statistico-econometrica

La Tabella F ha nella seconda colonna lo score ottenuto dagli Istituti con la funzione *relabs* (tabella L'), e nella terza il numero medio dei dipendenti nel triennio (1995-'97).

TABELLA F

Istituti	Y Score	X Media Dipendenti ¹
IMGC	6,25	137
III	6,4	62
CERIS	5,3	31
IRPI	5,2	31
IMA	5,2	36
ICGF	5,65	66
IRSL	4,3	20
IFA	4,6	42
ILM	4,2	21

1. valore medio è ottenuto prendendo il numero totale dei dipendenti dell'Istituto nel triennio (1995-1996-1997) comprensivo del personale in formazione.

La prima analisi statistica svolta è quella di correlazione fra le due variabili X e Y col *coefficiente di correlazione r* dato dalla seguente formula:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2}}$$

Il valore di *r* è risultato uguale a 0,75 e dimostra una forte correlazione positiva fra le due variabili: al crescere della variabile X c'è una crescita lineare della variabile Y.

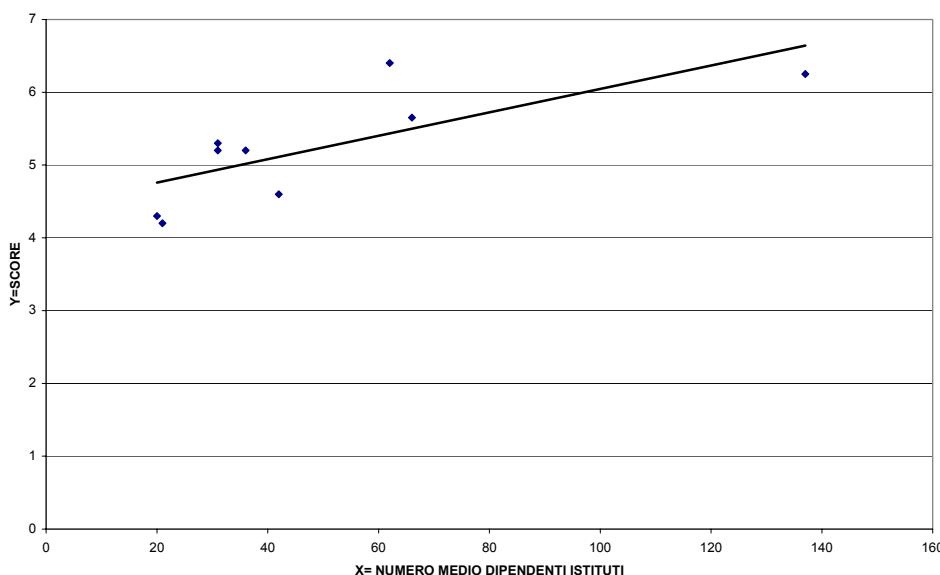
Considerato lo score come variabile Y (dipendente) e la media dei dipendenti come variabile X (indipendente), si procederà ad un'analisi econometrica con il modello di regressione semplice (per un maggior approfondimento degli strumenti utilizzati si rimanda all'Appendice B: Statistica).

L'equazione del modello è la seguente:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \quad i=1, \dots, n.$$

Il plotter dei valori ottenuti nella stima della relazione lineare fra Y e X è rappresentato nella Figura :

Figura 4. Rappresentazione dello score come funzione dei dipendenti (periodo 1995-1997)



L'analisi della regressione ha portato ai seguenti risultati:

$$\alpha = 4,436$$

$$\beta = 0,016$$

Sia dall'analisi grafica sia dal coefficiente angolare β si vede il trend crescente nella relazione fra le due variabili indagate. La bontà del modello di regressione lineare è valutata con il coefficiente di determinazione R^2 dato dal rapporto fra variazione spiegata e variazione totale. Ossia:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum e_i^2}{\sum y_i^2}$$

Esso ha il seguente range di variazione di valore $0 \leq R^2 \leq 1$. Il modello ha fatto emergere un $R^2 = 0,56$ a testimonianza che la variabile X, media dei dipendenti, spiega il 56% della variazione totale; l'efficienza del modello potrebbe aumentare considerando altre variabili al momento ignote. Inoltre guardando la Tabella F si nota il seguente comportamento:

- Gli Istituti che hanno un numero medio di dipendenti $>$ di 60 tendono a posizionarsi nella parte alta della classifica;
- Gli Istituti che hanno un numero medio di dipendenti ≤ 21 tendono a collocarsi nelle posizioni basse;
- Invece gli Istituti che hanno un valore medio (vm) compreso $22 < vm \leq 60$ tendono a stazionare in posti variabili, oscillando da posizioni medio-alte (CERIS, IRPI, IMA) a medio basse (ICGF, IRSL, IFA), a testimonianza di altri fattori influenti, oltre al personale, sulla performance.

Dall'analisi statistico-econometrico suddetta emerge come la componente personale è di rilevante importanza poiché contribuisce ad aumentare la performance negli Istituti Cnr. Le risorse umane e la loro organizzazione creano un ambiente che influenza positivamente la spirale di creazione della conoscenza (processi cognitivi); inoltre le relazioni di rete, fra i soggetti della struttura, alimentano la circolazione della stessa all'interno generando i cosiddetti fenomeni di *cross-fertilization* con notevoli benefici per l'ambiente esterno. Uno studio completo dell'importanza della componente umana nei processi cognitivi ed nell'aumento dell'efficienza degli organi di ricerca richiede un coinvolgimento di molte discipline fra cui l'economia, la psicologia, il diritto del lavoro, la sociologia, ecc. e merita di essere approfondito in futuro.

6. Le conclusioni

Lo scopo del lavoro è stato quello di mettere a punto metodologie di valutazione della performance semplici e il più possibile oggettivi. Utilizzando un approccio sistemico, ossia considerando il laboratorio di ricerca come un insieme di forze interagenti fra loro per il raggiungimento dello scopo di produrre ricerca scientifica, sono state messe a punto tre metodologie che tengono conto del complesso dell'attività svolta nei laboratori di ricerca. Esse sono:

- il metodo dei ranghi
- il metodo della proporzione (o del rapporto)
- la funzione *relabs*

Le metodologie hanno valutato la performance dell'organo tenendo conto di aspetti finanziari (finanziamento ed autofinanziamento), scientifici (articoli nazionali ed internazionali), tecnologici (espliciti e taciti). Il primo metodo ha una formulazione rudimentale, basandosi sui posti occupati dai laboratori nelle graduatorie dei sette indici considerati. Il secondo invece calcola, per ogni lab, una serie di proporzioni fra il valore-indice dell'organo di ricerca e il valore massimo dell'indicatore stesso. I due metodi sono di base per l'elaborazione del terzo metodo che assume una formulazione semplice ed elegante essendo una combinazione lineare dei sette indicatori di valutazione; la funzione *relabs* sintetizza in un unico valore lo score-performance della struttura di ricerca esaminata tenendo conto di aspetti quantitativi, qualitativi e di costo. Nei tre metodi l'aspetto di costo è considerato sulla base delle entrate derivanti dall'attività verso l'esterno delle strutture e dai finanziamenti ricevuti dagli organi centrali, l'aspetto quantitativo, invece, è tenuto in considerazione sulla base delle pubblicazioni e dei brevetti dell'organo di ricerca. L'aspetto qualitativo è presente solo nell'ultimo metodo e si basa sull'attribuzione di un peso doppio alle pubblicazioni internazionali rispetto a quelle nazionali. Le metodologie sono state applicate sui nove Istituti CNR operanti in Piemonte ed i risultati ottenuti sono stati riassunti in tre graduatorie decrescenti dall'alto verso il basso, dove in alto ci sono gli Istituti con un grado di performance maggiore, in basso quelli con un grado minore. La bontà di queste metodologie è valutata con l'indice di correlazione dei ranghi di Spearman, sulla base dei posti occupati dagli Istituti nelle tre graduatorie, che ha mostrato un'elevata

cograduazione positiva fra i metodi, raggiungendo addirittura il valore di 0,93. L'analisi degli Istituti è stata completata con un'applicazione statistico-econometrica per vedere la dipendenza dello score ottenuto dalla funzione *relabs* nei vari Istituti, dal numero di dipendenti medio del triennio (variabile indipendente). L'indice *r* (*coefficiente di correlazione*) ha mostrato un valore di 0,75 a testimonianza dell'importanza del capitale umano nello svolgimento dell'attività di ricerca scientifica. L'analisi econometrica, invece ha stimato una retta di regressione con $\beta=0,016$ ed evidenziando un R^2 maggiore dello 0,56 che indica come la relazione lineare di crescita è spiegata per oltre il 56% dal numero dei dipendenti.

La costruzione delle metodologie di performance nel presente lavoro ha voluto deliberatamente privilegiare la semplicità del modello, basandosi su sette indicatori chiave, e la minimizzazione della soggettività ottenuta grazie al maggior peso delle misure quantitative. I modelli, ad eccezione del terzo, focalizzandosi soprattutto sull'aspetto quantitativo, hanno trascurato l'aspetto qualitativo che poteva avere una maggiore considerazione, con le analisi delle citazioni e delle co-citazioni. Ma, bisogna tener presente come un inserimento maggiore della dimensione qualitativa può arricchire le metodologie, ma a discapito della semplicità del modello e della oggettività della valutazione.

Si è pertanto preferito puntare maggiormente sull'aspetto quantitativo ed economico. A sostegno di questa impostazione si fa notare come il maggior peso dato alla quantità ed ai costi nasce dal fatto che si voluto misurare la performance delle strutture di ricerca, considerandole centro di imputazione dell'indagine, invece l'aspetto qualitativo dà un maggior contributo nella valutazione dei singoli ricercatori. Uno sviluppo futuro della ricerca può essere sicuramente quella di estendere i modelli inserendo uno o al massimo due variabili qualitative di valutazione della performance senza complicare molto il modello e mantenendo l'area di soggettività entro limiti accettabili.

*La valutazione è la determinazione
del valore da assegnare a cose o fatti
ai fini di un giudizio, di una classifica, ecc.*

DIZIONARIO G. DEVOTO, G.C. OLI

Appendice A: Matematica

Combinazioni Lineari

Definizione

Dati i vettori $x_k = x_1, x_2, x_3, \dots$ una combinazione lineare è $\sum_r \lambda_r x_r$ per certi scalari $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$

Come casi particolari, una *combinazione lineare positiva* di x_1, x_2, x_3, \dots è:

$$\lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \dots + \lambda_r x_r + \dots + \lambda_n x_n \quad \text{per } \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \geq 0,$$

ed è *convessa* se $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \geq 0$ e $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_r + \dots + \lambda_n = 1$

La rappresentazione geometrica si illustra in termini dei punti P_1, P_2, \dots, P_m corrispondenti ai vettori dati in n dimensioni. Una combinazione lineare positiva è un punto Q che giace sulla linea O a questo punto P è continua oltre P , cioè OQ giace su O entro un ipercono definito da OP_1, OP_2, \dots, OP_m . Una combinazione lineare è qualsiasi punto R nel sottospazio di m dimensioni, al massimo, definito da O, P_1, P_2, \dots, P_m (vedi Allen, 1975).

Appendice B: Statistica

I coefficienti di correlazione dei ranghi di Spearman e Gini

Definizione

Sia $Z_1 = (X_1, X_n), \dots, Z_n = (X_1, X_n)$ campioni aleatori per il quale le distribuzioni marginali F_x e F_y siano continue.

Sia U_i il rango di X_i nel campione ordinato $X_{(1)} < \dots < X_{(n)}$ e sia V_j il rango di Y_j nel campione ordinato $Y_{(1)} < \dots < Y_{(n)}$.

Si può calcolare il *coefficiente di correlazione empirica sui ranghi delle osservazioni* che porta il nome di *coefficiente di correlazione dei ranghi di Spearman*:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (U_i - V_i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad \square$$

Proprietà di ρ

Supponiamo che X_i e Y_i siano in concordanza perfetta:

$\Rightarrow i_1, \dots, i_n \in \{1, \dots, n\}$ in modo che $X_{i_1} < X_{i_2} \dots < X_{i_n}$ e $Y_{i_1} < Y_{i_2} \dots < Y_{i_n}$

$\Rightarrow U_i = \text{rango}(X_i) = V_i = \text{rango}(Y_i)$

$\Rightarrow \rho = 1$

Supponiamo che X_i e Y_i siano in discordanza perfetta :

$\Rightarrow i_1, \dots, i_n \in \{1, \dots, n\}$ in modo che $X_{i_1} < X_{i_2} \dots < X_{i_n}$ e $Y_{i_1} > Y_{i_2} > \dots > Y_{i_n}$

$\Rightarrow \rho = -1$

L'indice di cograduazione di Gini (Girone e Salvemini, 1989) ha una diversa impostazione e proviene dalla applicazione del criterio generale di concordanza tra due caratteri. La sua espressione è data da :

$$G = \frac{\sum_{i=1}^N |r_i - s_i| - \sum_{i=1}^N |r_i - s_i|}{\left[\frac{N^2}{2} \right]}$$

In cui $[N^2 / 2]$ è la parte intera di $N^2 / 2$, ossia è pari a $N^2 / 2$ nel caso di N pari e ad $(N^2-1) / 2$ nel caso di N dispari. Tale indice come l'indice di Spearman è uguale ad 1 quando c'è perfetta concordanza tra le graduatorie in ordine crescente dei due caratteri; assume, invece, il valore -1 quando c'è perfetta contrograduazione, ossia massima discordanza fra le stesse graduatorie. È facile dimostrare che gli indici di Spearman e Gini hanno valori leggermente diversi.

Il coefficiente di correlazione

Definizione

Date due variabili X ed Y si può definire il *coefficiente di correlazione*, r , il seguente indice:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2}} \quad \square$$

Il coefficiente di correlazione è un puro numero che varia nell'intervallo: $[-1 \leq r \leq +1]$, prendendo il valore $+1$ e -1 quando tutti i punti sono esattamente su una linea retta, il segno dipende se la linea ha una pendenza positiva o negativa.

Modello di regressione semplice

Date due variabili X ed Y con X variabile indipendente e Y variabile dipendente, il modello di regressione lineare è dato dalla seguente equazione:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \quad i=1, \dots, n.$$

Esso è usato per stimare la relazione lineare fra Y ed X . Il valore β , detto coefficiente angolare è dato da:

$$\beta = \frac{\sum(Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{\sum(X_i - \bar{X})^2}$$

Invece α rappresenta l'intercetta ed è data da:

$$\alpha = \bar{Y} - \beta\bar{X}$$

La bontà del modello di regressione lineare è valutata con il coefficiente di determinazione R^2 dato dal rapporto fra variazione spiegata e variazione totale. Ossia:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum e_i^2}{\sum y_i^2}$$

dove

$$\sum e_i^2 = \sum y_i^2 - \beta \sum x_i y_i$$

con

$$x_i = (X_i - \bar{X})$$

e

$$y_i = (Y_i - \bar{Y})$$

Se la bontà del modello è perfetta, allora $\sum e_i^2 = 0$ e $R^2 = 1$. All'altro estremo se la linea stimata è orizzontale ($\beta=0$), $R^2 = 0$ perché $\sum e_i^2 = \sum y_i^2$. Così il campo di variazione dell'indice di determinazione è: $0 \leq R^2 \leq 1$.

Inoltre sia R^2 , il coefficiente di determinazione, sia r il coefficiente di correlazione, si ha la seguente relazione:

$$R^2 = r^2$$

Per la dimostrazione si rimanda a Thomas (1973).

Bibliografia

- Allen R.G.D. (1975) *Analisi matematica per economisti*, Cisalpino-Goliardica, Milano.
- Beer S. (1973) *L'azienda come sistema cibernetico*, ISEDI, Milano.
- Bozeman B., Melkers J. (1993) *Evaluating R&D Impacts: Methods and Practice*. Kluwer academic Publishers.
- Braam, R.R., Moed, H.F. e van Raan, A.F.J. (1991) "Comparison and combination of co-citation and co-word clustering. Part I: structural aspects" in *Journal of the American Society for Information Science*, 42, 233-251.
- Broadus, R.N. (1987) "Toward a definition of Bibliometrics" in *Scientometrics*. 12, 373-377.
- Brown, M.G., Svenson R.A. (1998) "Measuring R&D Productivity" in *Research Technology Management*, vol. 41, n. 6, p. 30-35.
- Callon, M., Courtial, J.P., Turner, W.A. and Bauin, S. (1983) "From translations to problematic networks: an introduction to co-word analysis" in *Social Science Information*, 22, 191-235.
- Coccia, M. (1999) *Trasferimento tecnologico ed autofinanziamento: il caso degli Istituti Cnr in Piemonte*, Working Paper n. 2, Ceris-Cnr, Torino.
- Coccia, M. (1999) *Trasferimento tacito della conoscenza: gli Istituti Cnr dell'Area della ricerca di Torino*, Working Paper n. 7, Ceris-Cnr, Torino.
- Collins, P. Wyatt S. (1988) "Citations and the Evaluation of individual scientists" in *Trends in Biochemical sciences*, January, vol. 14.
- Forrester Jay W. (1977) *Industrial Dynamic*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Garfield, E. (1979) *Citation Indexing – its theory and applications in science, technology and Humanities*. New York: Wiley.
- Girone, G. e Salvemini, G. (1989) *Lezioni di Statistica I e II*, Caccucci, Bari.
- Griliches, Z. (1990) "Patent statistics as economic indicator. A survey" in *Journal of economic Literature*, 28, 1661-1707.
- Grupp, H. (1992) *Dynamic of science-based innovation*. Berlin, Springer.
- Healey, P., Rothman H., Hoch P. (1986) "An experiment in science mapping for research planning" in *Research Policy*, 12, 61-90.

- Luwel M., Noyons C.M. e Moed F. (1999) "Bibliometric assessment of research performance in Flanders: policy background and implications" in *R&D Management*, 29, 2, 133- 141.
- Merton, R.K. (1972) "The institutional imperatives of science. In Barnes, B.S. (ed.), *The Sociology of Science*. Harmondsworth: Penguin.
- Mullins, N. Snizek W., Oehler K. (1988) " The structural analysis of a scientific paper" in A.F.J. Van Raan (ed.) *Handbook of quantitative studies of science and Technology*. North-Holland, Elsevier Publishers.
- Narin, F. and Olivastro D. (1988) "Technology indicators based on patents and patent citations" in A.F.J. Van Raan (ed.) *Handbook of quantitative studies of science and Technology*. North-Holland, Elsevier Publishers.
- Nicklisch, H. (1932) *Die Betriebswirtschaft*, Stoccarda 1932.
- Nonaka, I. (1994) "Come un'organizzazione crea conoscenza" in *Economia & Management*, n. 3, pp. 31-48.
- Patterson, W.C. (1983) "Evaluating R&D performance at Alcoa labs" in *Research management*, vol. 3.
- Pierce, D.J. de Solla (1963) *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press.
- Polanyi, M. (1966) *The Tacit Dimension*. Doubleday, Garden City, NY.
- Pritchard, A. (1969) "Statistical bibliography or bibliometrics?" in *Journal of Documentation*, 25, 358-359.
- Ranftl, R.M. (1974) *R&S Productivity*. Los angeles: Hughes Aircraft Company.
- Rip A. (1988) "Mapping of science: possibilities and limitations" in A.F.J. Van Raan (ed.) *Handbook of quantitative studies of science and Technology*. North-Holland, Elsevier Publishers.
- Rip, A. and Courtial J. (1984) "Co-word maps of biotechnology: examples of cognitive scientometrics" in *Scientometrics* 6, 381-400.
- Rolfo, S., Boschi, D., Ragazzi, E. (1997) *Le Politiche per l'innovazione in Germania, Regno Unito e Francia*, 2° Rapporto Ceris/Cnel.
- Rowley, J.C.R. (1973) *Econometric Estimation*, Weidenfeld and Nicolson, London.
- Schainblatt, A.H. (1982) "How companies measure the productivity of engineers and scientists" in *Research management*, vol. XXV, May, n. 3.
- Schmenner R. (1987) *Produzione, scelte strategiche e gestione operativa*, Il Sole 24-Ore.

Sirilli G. (1985) “Gli indicatori della scienza e della tecnologia”, in F. Onida (a cura di) *Innovazione, competitività e vincolo energetico*. Il Mulino. Bologna.

Small, h. and Griffith B. (1974) “The structure of sceintific literatures” in *Science studies*, 4, 17-40.

Small, H.G. and Griffith, B.C. (1974) “The structure of scientific literatures I: identifying and graphing specialities” in *Science Studies*, 4, 17-40.

Stahl M., Stegen J. (1977) “Measuring Innovation and productivity. A peer rating approach”, in *Research management*, gennaio.

Stephan, P.E. and Levin S.G., 1988 “Measures of scientific output and the ageproductivity relationship” in A.F.J. Van Raan (ed.) *Handbook of quantitative studies of science and Technology*. North-Holland, Elsevier Publishers.

Tijssen, R.J.W. and De Leeuw, J (1988) “Multi variate data-analysis methods in bibliometric studies of science and technology” in A.F.J. Van Raan (ed.) *Handbook of quantitative studies of science and Technology*. North-Holland, Elsevier Publishers.

Thomas, J.J. (1973) *An Introduction to Statistical Analysis for Economists*, Weidenfeld and Nicolson, London.

Van Raan, A.F.J. (1993) “Advanced bibliometric methods to asses research performance and scientific development: basic principles and recent practical applications” in *Research Evaluation*, 3, 151-166.

WORKING PAPER SERIES (1999-1993)

1999

- 1/99 *La valutazione delle politiche locali per l'innovazione: il caso dei Centri Servizi in Italia*, by Monica Cariola and Secondo Rolfo, January
- 2/99 *Trasferimento tecnologico ed autofinanziamento: il caso degli Istituti Cnr in Piemonte*, by Mario Coccia, March
- 3/99 *Empirical studies of vertical integration: the transaction cost orthodoxy*, by Davide Vannoni, March
- 4/99 *Developing innovation in small-medium suppliers: evidence from the Italian car industry*, by Giuseppe Calabrese, April
- 5/99 *Privatization in Italy: an analysis of factors productivity and technical efficiency*, by Giovanni Fraquelli and Fabrizio Erbetta, March
- 6/99 *New Technology Based-Firms in Italia: analisi di un campione di imprese triestine*, by Anna Maria Gimigliano, April
- 7/99 *Trasferimento tacito della conoscenza: gli Istituti CNR dell'Area di Ricerca di Torino*, by Mario Coccia, May
- 8/99 *Struttura ed evoluzione di un distretto industriale piemontese: la produzione di casalinghi nel Cusio*, by Alessandra Ressico, June
- 9/99 *Analisi sistemica della performance nelle strutture di ricerca*, by Mario Coccia, September
- 10/99 *The entry mode choice of EU leading companies (1987-1997)*, by Giampaolo Vitali, November
- 11/99 *Esperimenti di trasferimento tecnologico alle piccole e medie imprese nella Regione Piemonte*, by Mario Coccia, November
- 12/99 *A mathematical model for performance evaluation in the R&D laboratories: theory and application in Italy*, by Mario Coccia, November
- 13/99 *Trasferimento tecnologico: analisi dei fruitori*, by Mario Coccia, December
- 14/99 *Beyond profitability: effects of acquisitions on technical efficiency and productivity in the Italian pasta industry*, by Luigi Benfratello, December
- 15/99 *Determinanti ed effetti delle fusioni e acquisizioni: un'analisi sulla base delle notifiche alle autorità antitrust*, by Luigi Benfratello, December

1998

- 1/98 *Alcune riflessioni preliminari sul mercato degli strumenti multimediali*, by Paolo Vaglio, January
- 2/98 *Before and after privatization: a comparison between competitive firms*, by Giovanni Fraquelli and Paola Fabbri, January
- 3/98 **Not available**
- 4/98 *Le importazioni come incentivo alla concorrenza: l'evidenza empirica internazionale e il caso del mercato unico europeo*, by Anna Bottasso, May
- 5/98 *SEM and the changing structure of EU Manufacturing, 1987-1993*, by Stephen Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, November
- 6/98 *The diversified firm: non formal theories versus formal models*, by Davide Vannoni, December
- 7/98 *Managerial discretion and investment decisions of state-owned firms: evidence from a panel of Italian companies*, by Elisabetta Bertero and Laura Rondi, December
- 8/98 *La valutazione della R&S in Italia: rassegna delle esperienze del C.N.R. e proposta di un approccio alternativo*, by Domiziano Boschi, December
- 9/98 *Multidimensional Performance in Telecommunications, Regulation and Competition: Analysing the European Major Players*, by Giovanni Fraquelli and Davide Vannoni, December

1997

- 1/97 *Multinationality, diversification and firm size. An empirical analysis of Europe's leading firms*, by Stephen Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, January
- 2/97 *Qualità totale e organizzazione del lavoro nelle aziende sanitarie*, by Gian Franco Corio, January
- 3/97 *Reorganising the product and process development in Fiat Auto*, by Giuseppe Calabrese, February
- 4/97 *Buyer-supplier best practices in product development: evidence from car industry*, by Giuseppe Calabrese, April
- 5/97 *L'innovazione nei distretti industriali. Una rassegna ragionata della letteratura*, by Elena Ragazzi, April

- 6/97 *The impact of financing constraints on markups: theory and evidence from Italian firm level data*, by Anna Bottasso, Marzio Galeotti and Alessandro Sembenelli, April
- 7/97 *Capacità competitiva e evoluzione strutturale dei settori di specializzazione: il caso delle macchine per confezionamento e imballaggio*, by Secondo Rolfo, Paolo Vaglio, April
- 8/97 *Tecnologia e produttività delle aziende elettriche municipalizzate*, by Giovanni Fraquelli and Piercarlo Frigero, April
- 9/97 *La normativa nazionale e regionale per l'innovazione e la qualità nelle piccole e medie imprese: leggi, risorse, risultati e nuovi strumenti*, by Giuseppe Calabrese, June
- 10/97 *European integration and leading firms' entry and exit strategies*, by Steve Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, April
- 11/97 *Does debt discipline state-owned firms? Evidence from a panel of Italian firms*, by Elisabetta Bertero and Laura Rondi, July
- 12/97 *Distretti industriali e innovazione: i limiti dei sistemi tecnologici locali*, by Secondo Rolfo and Giampaolo Vitali, July
- 13/97 *Costs, technology and ownership form of natural gas distribution in Italy*, by Giovanni Fraquelli and Roberto Giandrone, July
- 14/97 *Costs and structure of technology in the Italian water industry*, by Paola Fabbri and Giovanni Fraquelli, July
- 15/97 *Aspetti e misure della customer satisfaction/dissatisfaction*, by Maria Teresa Morana, July
- 16/97 *La qualità nei servizi pubblici: limiti della normativa UNI EN 29000 nel settore sanitario*, by Efsio Ibba, July
- 17/97 *Investimenti, fattori finanziari e ciclo economico*, by Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, rivisto sett. 1998
- 18/97 *Strategie di crescita esterna delle imprese leader in Europa: risultati preliminari dell'utilizzo del data-base Ceris "100 top EU firms' acquisition/divestment database 1987-1993"*, by Giampaolo Vitali and Marco Orecchia, December
- 19/97 *Struttura e attività dei Centri Servizi all'innovazione: vantaggi e limiti dell'esperienza italiana*, by Monica Cariola, December
- 20/97 *Il comportamento ciclico dei margini di profitto in presenza di mercati del capitale meno che perfetti: un'analisi empirica su dati di impresa in Italia*, by Anna Bottasso, December

1996

- 1/96 *Aspetti e misure della produttività. Un'analisi statistica su tre aziende elettriche europee*, by Donatella Cangialosi, February
- 2/96 *L'analisi e la valutazione della soddisfazione degli utenti interni: un'applicazione nell'ambito dei servizi sanitari*, by Maria Teresa Morana, February
- 3/96 *La funzione di costo nel servizio idrico. Un contributo al dibattito sul metodo normalizzato per la determinazione della tariffa del servizio idrico integrato*, by Giovanni Fraquelli and Paola Fabbri, February
- 4/96 *Coerenza d'impresa e diversificazione settoriale: un'applicazione alle società leaders nell'industria manifatturiera europea*, by Marco Orecchia, February
- 5/96 *Privatizzazioni: meccanismi di collocamento e assetti proprietari. Il caso STET*, by Paola Fabbri, February
- 6/96 *I nuovi scenari competitivi nell'industria delle telecomunicazioni: le principali esperienze internazionali*, by Paola Fabbri, February
- 7/96 *Accordi, joint-venture e investimenti diretti dell'industria italiana nella CSI: Un'analisi qualitativa*, by Chiara Monti and Giampaolo Vitali, February
- 8/96 *Verso la riconversione di settori utilizzatori di amianto. Risultati di un'indagine sul campo*, by Marisa Gerbi Sethi, Salvatore Marino and Maria Zittino, February
- 9/96 *Innovazione tecnologica e competitività internazionale: quale futuro per i distretti e le economie locali*, by Secondo Rolfo, March
- 10/96 *Dati disaggregati e analisi della struttura industriale: la matrice europea delle quote di mercato*, by Laura Rondi, March
- 11/96 *Le decisioni di entrata e di uscita: evidenze empiriche sui maggiori gruppi italiani*, by Alessandro Sembenelli and Davide Vannoni, April
- 12/96 *Le direttrici della diversificazione nella grande industria italiana*, by Davide Vannoni, April
- 13/96 *R&S cooperativa e non-cooperativa in un duopolio misto con spillovers*, by Marco Orecchia, May
- 14/96 *Unità di studio sulle strategie di crescita esterna delle imprese italiane*, by Giampaolo Vitali and Maria Zittino, July. **Not available**
- 15/96 *Uno strumento di politica per l'innovazione: la prospezione tecnologica*, by Secondo Rolfo, September
- 16/96 *L'introduzione della Qualità Totale in aziende ospedaliere: aspettative ed opinioni del middle management*, by Gian Franco Corio, September

- 17/96 *Shareholders' voting power and block transaction premia: an empirical analysis of Italian listed companies*, by Giovanna Nicodano and Alessandro Sembenelli, November
- 18/96 *La valutazione dell'impatto delle politiche tecnologiche: un'analisi classificatoria e una rassegna di alcune esperienze europee*, by Domiziano Boschi, November
- 19/96 *L'industria orafa italiana: lo sviluppo del settore punta sulle esportazioni*, by Anna Maria Gaibisso and Elena Ragazzi, November
- 20/96 *La centralità dell'innovazione nell'intervento pubblico nazionale e regionale in Germania*, by Secondo Rolfo, December
- 21/96 *Ricerca, innovazione e mercato: la nuova politica del Regno Unito*, by Secondo Rolfo, December
- 22/96 *Politiche per l'innovazione in Francia*, by Elena Ragazzi, December
- 23/96 *La relazione tra struttura finanziaria e decisioni reali delle imprese: una rassegna critica dell'evidenza empirica*, by Anna Bottasso, December

1995

- 1/95 *Form of ownership and financial constraints: panel data evidence on leverage and investment choices by Italian firms*, by Fabio Schiantarelli and Alessandro Sembenelli, March
- 2/95 *Regulation of the electric supply industry in Italy*, by Giovanni Fraquelli and Elena Ragazzi, March
- 3/95 *Restructuring product development and production networks: Fiat Auto*, by Giuseppe Calabrese, September
- 4/95 *Explaining corporate structure: the MD matrix, product differentiation and size of market*, by Stephen Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, November
- 5/95 *Regulation and total productivity performance in electricity: a comparison between Italy, Germany and France*, by Giovanni Fraquelli and Davide Vannoni, December
- 6/95 *Strategie di crescita esterna nel sistema bancario italiano: un'analisi empirica 1987-1994*, by Stefano Olivero and Giampaolo Vitali, December
- 7/95 *Panel Ceris su dati di impresa: aspetti metodologici e istruzioni per l'uso*, by Diego Margon, Alessandro Sembenelli and Davide Vannoni, December

1994

- 1/94 *Una politica industriale per gli investimenti esteri in Italia: alcune riflessioni*, by Giampaolo Vitali, May
- 2/94 *Scelte cooperative in attività di ricerca e sviluppo*, by Marco Orecchia, May
- 3/94 *Perché le matrici intersettoriali per misurare l'integrazione verticale?*, by Davide Vannoni, July
- 4/94 *Fiat Auto: A simultaneous engineering experience*, by Giuseppe Calabrese, August

1993

- 1/93 *Spanish machine tool industry*, by Giuseppe Calabrese, November
- 2/93 *The machine tool industry in Japan*, by Giampaolo Vitali, November
- 3/93 *The UK machine tool industry*, by Alessandro Sembenelli and Paul Simpson, November
- 4/93 *The Italian machine tool industry*, by Secondo Rolfo, November
- 5/93 *Firms' financial and real responses to business cycle shocks and monetary tightening: evidence for large and small Italian companies*, by Laura Rondi, Brian Sack, Fabio Schiantarelli and Alessandro Sembenelli, December

Free copies are distributed on request to Universities, Research Institutes, researchers, students, etc.

Please, write to:

MARIA ZITTINO

Working Papers Coordinator

CERIS-CNR

Via Real Collegio, 30; 10024 Moncalieri (Torino), Italy

Tel. +39 011 6824.914; Fax +39 011 6824.966; m.zittino@ceris.cnr.it; <http://www.ceris.cnr.it>

Copyright © 1999 by CNR-Ceris

All rights reserved. Parts of this paper may be reproduced with the permission of the author(s) and quoting the authors and CNR-Ceris