

La collana *Working paper IReR* ospita contributi elaborati nell'ambito dell'attività di ricerca dell'Istituto. L'obiettivo è rendere disponibili alla comunità scientifica i risultati di conoscenza prodotti primariamente dalle competenze interne a IReR: ricercatori e collaboratori di ricerca. I materiali sono vagliati e condivisi dal Comitato scientifico, che garantisce la corrispondenza dei contenuti e della qualità dei testi alla finalità generale dell'Istituto. Per la natura stessa della collana, i paper sono proposti non come conclusivi, ma per essere valutati e discussi da quanti riterranno opportuno formulare osservazioni e contributi. L'Istituto ringrazia fin d'ora per la collaborazione.

Working paper pubblicati

1. Lombardy's Model of Governance
2. Opportunità e rischi della specializzazione commerciale di alcune regioni italiane
3. Internazionalizzazione, risorse umane e fabbisogno formativo nelle PMI lombarde
4. Istituzionalizzare la sussidiarietà? L'esperienza della democrazia deliberativa in Lombardia
5. European Citizenship through Participation and Subsidiarity?
6. Variazioni delle soglie relative ed effetti sulle stime della povertà: il caso lombardo
7. Le imprese distrettuali in Lombardia: un'analisi empirica
8. Gestione partecipata dei recenti eventi di crisi idrica in Lombardia
9. Institutional Actions to Encourage Time Policies. The Case of the Lombardy Region
10. Un indicatore coincidente di attività economica per la Lombardia e per la provincia di Milano

L'efficienza della ricerca universitaria
Un'applicazione DEA ai dipartimenti
universitari della Lombardia

Antonio Dal Bianco
Alessandro Sala

Working paper n. 11

Giugno 2009

IReR – Istituto Regionale di Ricerca della Lombardia
via Copernico 38, 20125 Milano
www.irer.it

Responsabile editoriale: Sabrina Bandera

2009 Edizioni Angelo Guerini e Associati SPA
viale Filippetti 28, 20122 Milano
www.guerini.it
e-mail: info@guerini.it

Prima edizione: giugno 2009

Ristampa: V IV III II I 2009 2010 2011 2012 2013

Printed in Italy

ISBN: 978-88-6250-127-9

Le fotocopie per uso del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, Corso di Porta Romana, 108 – 20122 Milano, e-mail segreteria@aidro.org e sito web www.aidro.org.

Abstract

L'efficienza della ricerca universitaria. Un'applicazione DEA ai dipartimenti universitari della Lombardia

Il paper vuole contribuire al dibattito sulla formulazione delle politiche per la R&I e sui criteri per l'allocazione delle risorse fra i diversi soggetti che partecipano alla generazione e diffusione delle innovazioni. Mentre un gran numero di ricerche e lavori, condotti a livello europeo, analizzano input e output delle attività innovative in maniera separata (ne sono un esempio gli *scoreboard* dell'innovazione), questo lavoro considera la capacità di trasformare gli input utilizzati per le attività di ricerca in nuova conoscenza e nuovi prodotti/servizi.

Altra peculiarità dello studio è la dimensione di analisi. Esso, infatti, è condotto a livello dei singoli dipartimenti universitari per i quali è calcolata l'efficienza tecnica, sfruttando la disponibilità di informazioni dettagliate che in Lombardia sono raccolte mediante il portale QUESTIO, sistema informativo progettato e sviluppato da Regione Lombardia e IReR. L'efficienza è calcolata tramite l'applicazione della metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA) che consente di stabilire il grado di efficienza relativo delle unità analizzate, individuare le best practice e determinare il peso assunto dai diversi output nella strategia di ciascun dipartimento. Questi risultati sono commentati dalla prospettiva del governo regionale, in quanto possono contribuire alla definizione di politiche basate sulla valutazione delle prestazioni e sulla premialità.

Benché il paper sia frutto di un lavoro comune, si possono attribuire ad Alessandro Sala i paragrafi 1, 2 e 3 e ad Antonio Dal Bianco i paragrafi 4, 5 e 6.

Antonio Dal Bianco, ricercatore senior IReR, antonio.dalbianco@irer.it
Alessandro Sala, consulente IReR, alessandro.sala@irer.it

Indice

1. Introduzione	7
2. Il sistema di innovazione della Lombardia	8
3. Il modello di produzione della conoscenza	13
4. Metodologia di analisi	15
5. Risultati	19
6. Conclusioni e implicazioni di policy	29
Bibliografia	31

1. Introduzione

Oggi, più che mai, il problema della competitività e dello sviluppo economico rappresenta uno dei principali temi di discussione nelle arene politiche dei Paesi industrializzati, i quali si trovano a fronteggiare la sempre maggior competizione proveniente dai Paesi emergenti.

È opinione diffusa che il rilancio della competitività industriale e la creazione di benessere siano fortemente legati al progresso scientifico-tecnologico, grazie al quale è possibile realizzare prodotti e processi ad alto valore aggiunto e, quindi, sottrarsi alla concorrenza di prodotti di bassa qualità e basso costo.

Da tempo, molti studiosi (Solow, 1957; Romer, 1990) sostengono che l'allargamento della base tecnologica di un Paese rappresenta il solo fattore che garantisce una crescita duratura e sostenibile, mentre altri fattori, come le turbolenze macro-economiche o le crisi dei mercati finanziari, possono condizionare la produttività solo nel breve-medio termine.

Per rispondere alle sfide poste dalla globalizzazione dei mercati e dalla concorrenza delle economie low cost, l'Unione Europea (UE) ha elaborato una strategia durante il Consiglio Europeo di Lisbona del 2000 con lo scopo di diventare l'economia più competitiva fondata sulla conoscenza.

Sebbene non manchino critiche sul documento redatto a Lisbona e siano stati avanzati dubbi sulla effettiva realizzabilità degli obiettivi ivi fissati (Kok, 2004; Sapir, 2003), la Strategia di Lisbona ha avuto il merito di porre l'innovazione, la ricerca e il trasferimento tecnologico al centro dell'attenzione delle politiche a sostegno della competitività delle imprese e dei sistemi produttivi locali.

Gli obiettivi di Lisbona, sono stati successivamente ratificati durante il Consiglio Europeo di Barcellona del 2002, il quale ha individuato, come mezzo per il loro raggiungimento, l'innalzamento degli investimenti in ricerca e sviluppo sino al 3% del Prodotto Interno Lordo (PIL) entro il 2010.

Tuttavia, la strategia di Lisbona si concentra primariamente sulle risorse in ingresso alle attività di ricerca e innovazione, mentre minore attenzione è stata dedicata al tema dell'efficienza, vale a dire al grado con cui i diversi input vengono trasformati in output. In generale, questo è riconducibile al fatto che i temi della valutazione e della premialità, sebbene considerati di primaria importanza e presenti in molte agende politiche, sono ancora scarsamente applicati nella pratica (Howard, 2005).

Per questo motivo, questo studio intende fornire un esempio di valutazione dall'efficienza tecnica dei dipartimenti universitari anche

con l'obiettivo di accrescere la conoscenza e la consapevolezza su questi temi.

La ricerca considera il caso della Lombardia sia per la disponibilità di informazioni, garantite dal portale QUESTIO, sistema di monitoraggio e valutazione delle strutture di ricerca e trasferimento tecnologico, sia per l'importanza assunta dal livello di governo regionale nell'attuazione delle politiche per la R&I.

L'importanza della dimensione regionale ha portato all'introduzione del concetto di *Regional Innovation System* (Cooke *et al.*, 1997; Porter, 1998). La stessa Unione Europea ha riconosciuto che la dimensione regionale è il livello più appropriato per favorire raggruppamenti di aziende e il collegamento tra il sistema scientifico e le esigenze di servizi dell'industria (COM 2001, 549). Infatti, se da una parte la ricerca e l'innovazione sono condotte a livello globale, dall'altra l'applicazione delle innovazioni è primariamente condotta a livello locale, con lo scopo di soddisfare particolari esigenze del territorio e della popolazione (Verganti *et al.*, 2004).

2. Il sistema di innovazione della Lombardia

In Lombardia, l'implementazione della Strategia di Lisbona, pur se avvertita come un'opportunità da un sistema economico produttivo incline a incorporare innovazione e ricerca, rischia di trovare un ostacolo nella insufficienza di risorse – non solo finanziarie – che rendono possibile raggiungere i target fissati per il 2010. Nel 2005 infatti la percentuale di spesa in ricerca e sviluppo sul PIL regionale è pari al 1,1%, molto lontana dal target fissato del 3%, e il dato non migliora se poniamo attenzione alle spese private in R&S, attestatesi al 0,79%, a fronte di un target del 2%.

Certo l'apporto dei privati raggiunge una percentuale significativa delle risorse complessivamente stanziare per finanziare la ricerca e lo sviluppo, ma non appena lo sguardo si volge al di fuori dei confini nazionali la situazione lombarda appare in tutta la sua incongruenza rispetto al ruolo di leadership esercitato nel Paese. Se prendiamo ad esempio le regioni tedesche come la Baviera, e il Baden Württemberg, gli indicatori di rapporti di risorse in ricerca e sviluppo sul PIL sono nel 2005 rispettivamente pari al 2,91%, 4,19%.

La scarsità delle risorse investite in ricerca e sviluppo appare aver condizionato la performance innovativa della Lombardia nella quale si è avuto un deterioramento relativo della posizione di leadership all'interno del panorama italiano e un divario ancora maggiore rispetto agli altri motori della crescita in Europa (Cusmano e Malerba, 2005) (Tabella 1).

**Tabella 1 – Indice sintetico rivelato di innovazione a livello regionale
(selezione di alcune regioni)**

Posizione	Regione	Paese	Punteggio
1	Stockholm	(SE)	0.90
2	Västsverige	(SE)	0.83
3	Oberbayern	(DE)	0.79
4	Etelä-Suomi	(FI)	0.78
5	Karlsruhe	(DE)	0.77
6	Stuttgart	(DE)	0.77
7	Braunschweig	(DE)	0.76
8	Sydsverige	(SE)	0.76
9	Île de France	(FR)	0.75
10	Östra Mellansverige	(SE)	0.74
11	Berlin	(DE)	0.74
12	South East	(UK)	0.72
15	Praha	(CZ)	0.70
16	Darmstadt	(DE)	0.69
17	Eastern	(UK)	0.69
18	Dresden	(DE)	0.69
24	Wien	(AT)	0.68
31	Comunidad de Madrid	(ES)	0.61
32	Vlaams Gewest	(BE)	0.61
33	Rhône-Alpes	(FR)	0.60
35	London	(UK)	0.59
37	South West	(UK)	0.58
42	West Midlands	(UK)	0.57
44	Lazio	(IT)	0.57
47	East Midlands	(UK)	0.57
53	Hamburg	(DE)	0.55
58	Limburg	(NL)	0.53
62	Région de Bruxelles	(BE)	0.52
71	Lombardia	(IT)	0.49

Fonte: European Regional Innovation Scoreboard 2006

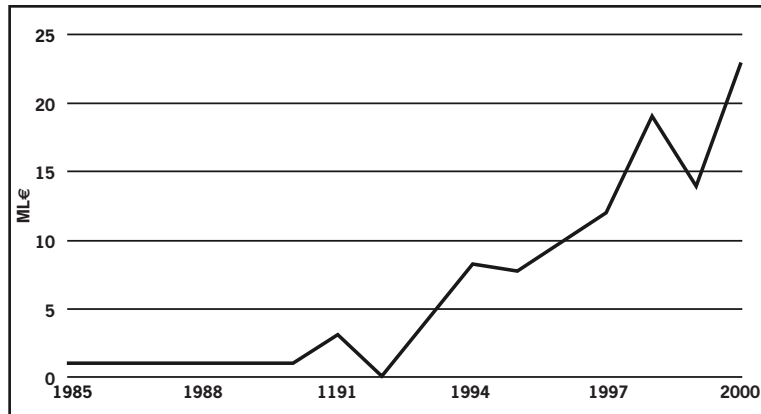
Varie cause sono all'origine del ritardo del sistema regionale di innovazione lombardo rispetto ai principali competitori europei, ritardo che si è andato accumulando soprattutto negli ultimi anni. Tra queste vanno ricordate la tendenza alla delocalizzazione dei centri di ricerca delle grandi multinazionali che hanno finito con il privare il tessuto economico locale di importanti motori di crescita – oltre che di driver di spesa (Pontarollo, 2005). Si aggiungano alcune scelte attuate a livello nazionale sulla politica di sostegno alla ricerca e allo sviluppo, scelte condizionate da logiche di tipo perequativo (Altomonte e Riela, 2005), che hanno favorito con il penalizzare le aree più dinamiche del paese a favore di aree meno sviluppate, ma anche con minori effetti di ricaduta. Tale situazione va ad aggiungersi alla bassa propensione ad investire in ricerca e sviluppo di un sistema produttivo frammentato, formato da piccole e micro-imprese, incapace di attivare un circolo virtuoso tra ricerca e innovazione. Le piccole imprese introducono sì innovazioni, ma si tratta per lo più di innovazioni di tipo incrementale, importanti nel processo di produzione, ma che non spostano di una virgola il posizionamento competitivo delle imprese e del sistema produttivo regionale.

L'accentuarsi delle pressioni indotte dalla competizione internazionale e dall'implementazione della Strategia di Lisbona hanno portato la Lombardia a rivisitare la politica per la ricerca e l'innovazione tecnologica definendo una strategia in grado di orientare i fondi e le risorse regionali verso alcuni settori prioritari, individuati sulla base di una ricognizione del sistema produttivo locale, delle sue capacità tecnologiche e delle competenze scientifiche accumulate nei centri di ricerca pubblici e privati disseminati sul territorio lombardo.

Con il documento strategico per la ricerca e l'innovazione e successivamente con gli accordi quadro stipulati con il MIUR, il governo regionale lombardo ha deciso di agire da elemento di facilitazione, catalizzazione e stimolo alla crescita delle risorse per la R&S e della loro messa a sistema (Verganti, 2005). Per favorire l'addizionalità di fondi pubblici e privati a sostegno della ricerca sono state intraprese molte azioni: in particolare si sono rafforzate le interazioni tra i tre attori – università, industria e governo – sul modello della tripla elica (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000).

Se da un lato il governo regionale già da parecchi anni ha compreso l'importanza della ricerca e innovazione, incrementando l'ammontare dei finanziamenti per la ricerca (Figura 1) è pur vero che minore attenzione è stata invece riservata all'efficienza con cui gli attori del sistema regionale di innovazione hanno utilizzato tali risorse.

Figura 1 – Gli aiuti regionali per la R&I tra il 1985 e il 2000



Fonte: Finlombarda, 2003

Fra i vari attori che costituiscono il sistema regionale di innovazione abbiamo deciso di concentrare la nostra analisi sui dipartimenti universitari. Le motivazioni di questa scelta sono molteplici.

Innanzitutto, è stato rilevato come le università rappresentino un'importante fonte di conoscenza per le imprese, che permette loro di integrare le competenze interne in materia di R&S (Charles, 2003). Mansfield (1991) ritiene che il 10% di nuovi prodotti o processi sarebbe stato sviluppato con un ritardo di almeno un anno senza la ricerca effettuata nelle università nei precedenti 15 anni; questa ipotesi è confermata anche da altri studi (Gambardella, 1995; Cohen *et al.*, 1998; Abramovsky *et al.*, 2005) che hanno individuato influenze positive della ricerca accademica sui livelli di vendita e produttività delle imprese.

In secondo luogo, le stesse università considerano la dimensione regionale e le imprese locali come la loro area di riferimento: il 43% di esse infatti indica lo sviluppo a livello regionale come prioritario nella propria mission, e la percentuale sale all'86% se si considerano quelle di più recente costituzione, fondate dopo il 1992 (Cohen *et al.*, 2002).

Nel caso della Lombardia bisogna anche considerare che i dipartimenti universitari sono la categoria più rilevante, contando per oltre il 50% di tutti i centri di ricerca e trasferimento tecnologico¹ della regione, cui si aggiungono 38 società private di R&D e consu-

¹ Fonte: www.questio.it

lenza (16%), 29 istituti/sezioni/centri afferenti ad enti di ricerca nazionali (12%), 15 centri di ricerca e sviluppo aziendali (6%), 12 consorzi non universitari (5%), 9 consorzi universitari/interuniversitari (4%), 6 Società consortili (2,5%), 4 IRCSS e strutture sanitarie (1,5%), 3 Fondazioni (1%), 3 Parchi scientifici (1%), 3 Aziende speciali CCIAA (1%).

Infine, l'ultima motivazione è di natura metodologica, infatti la numerosità è un requisito indispensabile per l'applicazione della metodologia DEA: l'utilizzo di 114 unità (*decision making unit*) consente di poter analizzare l'efficienza sulla base di molteplici variabili di input e di output. Inoltre, appare più appropriato prendere in considerazione una sola categoria di soggetti del sistema di innovazione, in quanto le variabili di input ed output dipendono dal differente ruolo e finalità che essi hanno all'interno del processo di invenzione, innovazione e diffusione (Schumpeter, 1942).

Infatti, dalle informazioni contenute nel sistema QUESTIO è possibile verificare come i dipartimenti universitari abbiano prestazioni significativamente differenti rispetto agli altri attori regionali. Infatti, le strutture non universitarie ottengono mediamente valori più alti di quelle universitarie negli indicatori relativi alle capacità Economico-

Tabella 2 – Indicatori per tipologie di centri di ricerca – valori medi anno 2004

	Indicatori	Media dipartimenti universitari	Media strutture non universitarie
EG	Sistema di pianificazione strategica e misura delle prestazioni	0,38	0,48
	Presenza di sistemi formalizzati di project management	3,12	4,01
	Presenza di sistema di controllo di gestione	0,28	0,5
TT	% Dottori di ricerca	13%	8%
	Incidenza degli investimenti in tecnologie sulle entrate	34%	29%
	% di Ricavi da attività finanziate in collaborazione con imprese	6%	10%
	% di Ricavi da attività su commessa	23%	44%
CS	Produttività scientifica	0,26	0,14
	Impact Factor	1,79	1,07
	Citation Index	5,4	3,22
	High Impact Publication	13,57	5,03
	Apertura internazionale	0,24	0,19

Fonte: Sistema di accreditamento della Lombardia QUESTIO, 2006

sui flussi informativi interni. La seconda prospettiva considera il sistema come una “black box”, analizzando le sue interazioni e l’impatto sull’ambiente circostante, senza esaminare i suoi processi interni. La nostra ricerca utilizza questa seconda prospettiva, che maggiormente interessa le amministrazioni locali/nazionali, finanziarie e altre organizzazioni (es. potenziali partner).

In entrambi i casi è indispensabile individuare quali sono gli obiettivi perseguiti, condizione necessaria per qualsiasi analisi di efficacia ed efficienza di un’organizzazione o struttura (Coccia, 2001). Gli obiettivi, relativamente ai quali siamo interessati a valutare l’efficienza del sistema, sono la produzione di nuova conoscenza derivante dall’attività di ricerca (Storr, 1952; Metzger, 1955; Veysey, 1965; Jencks e Reisman, 1968) e la diffusione della stessa e trasferimento delle tecnologie verso il mondo produttivo (Etzkowitz, 2002; OECD, 2002).

Input

Gli input rappresentano i fattori fisici e informativi necessari al perseguimento della mission dell’unità d’analisi (Bartezzaghi, Spina, Verganti, 1999). È possibile suddividere le risorse in entrata al sistema in tre categorie: le risorse umane, che sono portatrici di competenze, di conoscenze acquisite durante le esperienze precedenti e interiorizzate tramite processi di acquisizione del know-how; il capitale, ossia le risorse finanziarie necessarie al funzionamento dei processi del sistema; le infrastrutture, ossia spazi, strumentazioni, macchinari, laboratori necessari per le attività di ricerca (Kingsley *et al.*, 1996; Ernst e Kim, 2002; Azzone, 2000; Coccia, 2004).

Output

Una qualsiasi organizzazione è chiamata a realizzare un output che ne giustifichi l’esistenza. Nel caso dei dipartimenti universitari, l’output principale è rappresentato da nuova conoscenza e know-how (Hare e Wyatt, 1992). Molti lavori che hanno cercato di analizzare le performance delle strutture di ricerca hanno considerato quasi esclusivamente indicatori di natura bibliometrica (Narin e Hamilton, 1996) o tecnometrica (brevetti). In seguito al nuovo ruolo che le strutture accademiche sono chiamate a rivestire nello sviluppo delle economie locali, altri indicatori devono essere affiancati a quelli più tradizionali. Questi devono contemplare la capacità di trasferire tecnologie e competenze verso il mercato, la formazione (comprensiva

di studenti universitari, master, dottorati di ricerca), la realizzazione di prototipi o progetti pilota, licenze e royalty, la generazione di spin-off o aziende incubate (Coccia, 2004; Siegel *et al.*, 2003; Link e Scott, 2005).

Ambiente

L'ambiente considera gli elementi esterni che circondano ed influenzano il sistema, che potrebbero influenzare l'efficienza del sistema analizzato (Dietz, Bozemann, 2005; Branstetter, Ogura, 2005). La qualità e quantità degli input potrebbe essere condizionata dagli stakeholder (governi, finanziatori e imprese) e dall'interesse che essi hanno nei confronti dei risultati della ricerca. Questi possono dipendere, a loro volta, dallo stato dell'arte del settore scientifico e dai trend tecnologici. Altri fattori di contesto sono rappresentati dalla localizzazione e dal contesto socio-economico (Porter, 1998; Lechner, Dowling, 1999), che possono influenzare i bisogni del mercato e la generazione di nuove idee, dal contesto politico e regolatorio, che costituisce un elemento fondamentale per la crescita e la competitività (Porter, 1998), o dalla stabilità dei regimi fiscali e degli incentivi (Altenburg, 2000).

Valutazione

La valutazione serve per determinare l'efficienza con cui sono raggiunti gli obiettivi, per migliorare il funzionamento del sistema e orientare il comportamento degli attori al loro raggiungimento (Azzone, 2000). Attraverso l'individuazione degli output, la valutazione contribuisce a diffondere le priorità fra i molteplici obiettivi perseguiti, e successivamente consente di distribuire le risorse (es. fondi) sulla base del raggiungimento di tali obiettivi. Da questo punto di vista la valutazione diventa un importante strumento in mano all'amministrazione pubblica per orientare e guidare quanti operano nell'ambito della ricerca ed innovazione (Azzone, 2000; Luukkonen, 1998).

4. Metodologia di analisi

Come anticipato all'inizio, l'obiettivo di questa parte è prendere in esame l'efficienza tecnica dei dipartimenti universitari accreditati al sistema QUESTIO. Per efficienza tecnica di seguito ci riferiremo alla abi-

lità di un dipartimento universitario di produrre la massima quantità di output da un dato insieme di input.

Non esistono molti studi sull'efficienza tecnica dei dipartimenti universitari sia per l'indisponibilità di dati sugli indicatori di capacità scientifica e per una certa difficoltà a individuare gli stessi output sia per la ritrosia dei centri di ricerca a sottoporsi ad analisi sulla performance produttiva. L'indisponibilità di indicatori di capacità scientifica per molte strutture di ricerca, soprattutto quelle private, ha di fatto ristretto il campo d'analisi dell'efficienza tecnica ai centri di ricerca del settore pubblico. Bonaccorsi e Daraio (2003), per esempio, analizzano la produttività scientifica dei centri di ricerca del CNR, e Coccia (2001; 2004) descrive la performance produttiva degli istituti di ricerca del CNR.

Una caratteristica propria dei centri di ricerca è la produzione di diversi output – ricerca e trasferimento tecnologico – utilizzando più risorse (finanziamenti, personale ecc.). Di fatto, in assenza di informazioni sui prezzi, ciò finisce per limitare la metodologia di analisi alle tecniche non parametriche. DEA (Charnes *et al.*, 1978) è una tecnica di programmazione lineare che permette di costruire una frontiera efficiente, a partire dalle informazioni sugli input e output delle unità considerate. A partire dalla definizione di efficienza tecnica come rapporto degli output prodotti sugli input utilizzati, l'algoritmo DEA calcola i punteggi di efficienza di tutti i dipartimenti universitari, il che consente di tracciare un quadro complessivo della performance di un gruppo rilevante di attori del sistema di innovazione, oltre ad indicazioni utili per ciascun dipartimento. La possibilità di trattare simultaneamente diversi input e diversi output, senza dover specificare una funzione di aggregazione fanno della DEA uno strumento ampiamente utilizzato nello studio dell'efficienza nel settore pubblico (Afonso *et al.*, 2006).

Per modellare l'efficienza tecnica dei dipartimenti universitari utilizzeremo la DEA nella versione input-oriented, dove gli input sono minimizzati e gli output sono mantenuti ai loro livelli attuali. Tale scelta è coerente con il tipo di controllo che il livello del management dei dipartimenti ha sul livello degli input. Risorse umane, finanziamenti e spazi sono almeno in parte controllati direttamente dai dipartimenti, mentre non altrettanto vale per il livello delle produzioni scientifiche e del trasferimento tecnologico realizzato, che sono gestiti a discrezione del management. In ogni caso, i risultati prodotti dalle due versioni del modello (input and output oriented) sono collegate da una semplice relazione matematica (Cooper *et al.*, 2006)

Assumendo che vi siano N dipartimenti, ognuno dei quali impiega m input per produrre s output, l'efficienza tecnica del k -esimo dipar-

timento si ottiene risolvendo il seguente problema di programmazione lineare:

$$\theta x_{ik} - \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0$$

dove x_{ij} e y_{rj} rappresentano rispettivamente l'input i -esimo e l'output r -esimo del j -esimo dipartimento. Tale formulazione viene definita a rendimenti costanti di scala (CRS). L'efficienza viene definita anche globale in contrapposizione all'efficienza tecnica locale del modello di equazione a rendimenti variabili di scala (ADDTOT) sviluppato da Banker Charnes and Cooper (Kocher *et al.*, 2001). L'efficienza tecnica del dipartimento viene misurata dallo scalare θ e esprime il grado di riduzione proporzionale radiale di tutti gli input.

I dati raccolti nel sistema QUESTIO sono utilizzati come indicatori di input e di output. In particolare, in assenza di un indicatore specifico delle competenze detenute (in termini di titolo di studio), il numero totale di addetti (ADDTOT) viene impiegato per rappresentare la quantità di input di risorse umane di ciascun dipartimento. I ricavi totali (RICTOT) vengono inclusi per catturare la quantità di risorse finanziarie disponibili evidenziando anche il contenuto di risorse che deriva dalla capacità di ricerca di ciascun dipartimento. La capacità di fare rete dei centri viene approssimata dalla variabile NETWORK definita come il rapporto tra il numero di articoli con co-authorship straniere ed il numero totale di articoli del centro in aggregato sugli ultimi 5 anni. Infine la superficie di laboratorio (SUP-LAB) rappresenta una proxy della dotazione di capitale fisico e strutture dei dipartimenti.

La capacità scientifica dei dipartimenti viene espressa mediante indicatori bibliometrici che rappresentano la produttività scientifica (CS1) e la qualità della produzione scientifica ponderata rispetto al settore di afferenza scientifica (CS4, CS6). Come proxy della capacità di trasferire la conoscenza e la tecnologia prodotta alle imprese viene considerata la variabile finanziaria ricavi da commesse (RICCOMM). Infine le borse di dottorato finanziate da esterni (PHDEXT) vengono considerate come indicatore della capacità di attrarre investimenti in formazione finalizzata alla ricerca e instaurare collaborazioni con enti e imprese (transfer by head). Le definizioni di ciascuna variabile sono riportare in tabella 3.

Tabella 3 – Descrizione delle variabili di input e di output

Varibli di input	Anno	Descrizione
SUPLAB	2004	Aree adibite a laboratorio (mq)
ADDTOT	2004	Numero di addetti impiegati presso il dipartimento
RICTOT	2004	Totale entrate in migliaia di euro
NETWORK	2004	L'indicatore è definito come il rapporto tra il numero di articoli con co-authorship straniere ed il numero totale di articoli del centro in aggregato sugli ultimi 5 anni
Variabili di output		
cs1	2004	L'indicatore è calcolato come il rapporto tra il numero di pubblicazioni scientifiche, normalizzate rispetto al numero di coautori, ed il numero di ricercatori afferenti al centro in ogni anno considerato
cs4	2004	L'indicatore è dato, su base annuale, dalla differenza tra l'Impact Factor del centro ed una media pesata degli Impact Factor dei settori scientifici su cui esso opera
cs6	2004	L'indicatore è calcolato su base annuale come la differenza tra il citation impact del centro ed una media pesata dei citation impact dei settori scientifici su cui esso opera
PHDEXT	2004	N. di borse di dottorato di ricerca finanziate da enti esterni nell'anno considerato
RICCOMM	2004	Ricavi/entrate provenienti dalla vendita sul mercato dei servizi prodotti e delle proprie competenze, senza dover ricorrere a finanziamenti di natura pubblica

Fonte: Manuali QUESTIO

I dipartimenti universitari per cui sono disponibili i dati su input e output sono 93. Rispetto ai 114 monitorati dal sistema QUESTIO sono stati esclusi gli enti accreditati come università (6) e i dipartimenti di cui non sono disponibili gli indicatori per l'anno 2004 (15). Le statistiche descrittive delle variabili considerate sono riportate in tabella 4.

Il software DEA Excel Solver.xla (Zhu, 2003) viene utilizzato per implementare un input-oriented DEA per gli input e output considerati.

Tabella 4 – Input e output del modello: statistiche descrittive

	osservazioni	Media	Dev. standard
Variabili di input			
SUPLAB	93	1273.92	1380.01
ADDTOT	93	82.18	59.45
RICTOT	93	1576.31	2499.43
NETWORK	93	0.24	0.18
Variabili di output			
CS1	93	0.25	0.23
CS4	93	1.06	0.67
CS6	93	1.22	1.30
PHDEXT	93	2.04	3.43
RICCOMM	93	329.41	614.63

Fonte: elaborazione IReR su dati QUESTIO, 2006

5. Risultati

In un primo momento DEA è applicata al modello intero (total model) con 4 input e 5 output. Per testare la significatività di ciascuna variabile è stato quindi utilizzato il test di Pastor (Pastor *et al.*, 2002) con un livello di tolleranza p pari a 1.1 e un livello di significatività. La variabile di output CS6 risulta non modificare significativamente i punteggi di efficienza tecnica dei dipartimenti. Per le altre variabili il test di Pastor restituisce valori vicino allo zero, nella zona di rifiuto dell'ipotesi di non significatività della variabile considerata (Tabella 5). Pertanto la sola variabile a essere rimossa dal modello è l'indicatore di capacità scientifica CS6.

Tabella 5 – Test di Pastor su differenti combinazioni di input e di output testate

Variabili	MOD0	MOD1	MOD2	MOD3	MOD4	MOD5	MOD6	MOD7	MOD8	MOD9
Input										
SUPLAB	X	X	X	X	X	X		X	X	X
ADDTOT	X	X	X	X	X	X	X		X	X
RICTOT	X	X	X	X	X	X	X	X		X
NETWORK	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Ouput										
CS1	X		X	X	X	X	X	X	X	X
CS4	X	X		X	X	X	X	X	X	X
CS6	X	X	X		X	X	X	X	X	X
PHDEXT	X	X	X	X		X	X	X	X	X
RICCOMM	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Indice di correlazione di Spearman	0.906	0.991	0.997	0.902	0.633	0.922	0.964	0.805	0.828	
Pastor	0.097	0.097	1.000	0.424	0.000	0.225	0.000	0.000	0.000	

Fonte: elaborazione IReR su dati QUESTIO, 2006

Il modello ridotto è composto dunque da 4 input – SUPLAB, ADDTOT, RICTOT, NETWORK – e 4 output – CS1 CS4, PHDEXT, RICCOMM.

Nella tabella 6 sono riportati i risultati dei punteggi di efficienza CCR dei due modelli (intero e ridotto).

**Tabella 6 – Punteggi di efficienza dei dipartimenti universitari
nel modello intero e ridotto**

Dipartimenti universitari	Efficienza tecnica modello intero	Efficienza tecnica modello ridotto
1	0.797	0.797
2	0.611	0.611
3	1.000	1.000
4	0.949	0.932
5	1.000	0.811
6	0.775	0.775
7	0.899	0.899
8	0.868	0.868
9	1.000	1.000
10	1.000	1.000
11	1.000	1.000
12	1.000	1.000
13	0.537	0.497
14	1.000	1.000
15	0.587	0.542
16	0.846	0.838
17	0.861	0.847
18	0.994	0.982
19	1.000	1.000
20	0.726	0.726
21	0.542	0.542
22	0.792	0.786
23	0.536	0.536
24	0.972	0.966
25	1.000	1.000
26	0.220	0.212
27	0.550	0.547
28	0.606	0.605
29	0.979	0.979
30	0.963	0.963

Cont. →

Cont. Tabella 6

Dipartimenti universitari	Efficienza tecnica modello intero	Efficienza tecnica modello ridotto
31	0.831	0.831
32	1.000	1.000
33	0.545	0.545
34	0.880	0.880
35	0.328	0.328
36	0.649	0.636
37	1.000	1.000
38	1.000	1.000
39	0.311	0.311
40	0.601	0.596
41	0.328	0.319
42	1.000	1.000
43	1.000	1.000
44	0.508	0.503
45	0.154	0.154
46	0.511	0.510
47	1.000	1.000
48	0.569	0.569
49	0.404	0.393
50	0.908	0.889
51	1.000	1.000
52	0.417	0.417
53	0.341	0.325
54	0.527	0.527
55	0.461	0.461
56	1.000	1.000
57	1.000	1.000
58	0.000	0.000
59	0.722	0.722
60	0.772	0.772

Cont. →

Cont. Tabella 6

Dipartimenti universitari	Efficienza tecnica modello intero	Efficienza tecnica modello ridotto
61	1.000	1.000
62	1.000	1.000
63	1.000	1.000
64	0.656	0.649
65	0.298	0.298
66	0.869	0.869
67	0.489	0.489
68	0.627	0.613
69	1.000	1.000
70	1.000	1.000
71	1.000	1.000
72	0.438	0.392
73	1.000	1.000
74	1.000	1.000
75	1.000	1.000
76	0.294	0.294
77	0.000	0.000
78	1.000	1.000
79	1.000	1.000
80	0.772	0.772
81	0.539	0.539
82	0.346	0.342
83	0.399	0.388
84	1.000	1.000
85	0.586	0.581
86	1.000	1.000
87	0.383	0.375
88	0.592	0.573
89	1.000	1.000
90	1.000	1.000

Cont. →

Cont. Tabella 6

Dipartimenti universitari	Efficienza tecnica modello intero	Efficienza tecnica modello ridotto
91	0.262	0.262
92	1.000	1.000
93	1.000	1.000
Efficienza media	0.741	0.735
Numero di dipartimenti efficienti	35	34

Fonte: elaborazione IReR su dati QUESTIO, 2006

I punteggi di efficienza non sono elevati, tuttavia in mancanza di studi sull'efficienza dei dipartimenti a livello nazionale non è possibile trarre da questa analisi dei giudizi sull'efficienza complessiva dei centri di ricerca e trasferimento tecnologico in Lombardia. Gli studi di cui siamo a conoscenza sono riferiti alle Università (Agasisti e Dal Bianco, 2006) o ai dipartimenti universitari (Rizzi, 1999; Pesenti e Ukovic, 1996a; 1996b; Thursby, 2000; Moreno e Tadepali, 2002; Köksal e Nalçaci, 2006) e ai centri di ricerca del CNR (Bonaccorsi e Daraio, 2003; 2004; Avkiran, 2006) e non si prestano a immediati paragoni. È possibile invece trarre indicazioni sull'attuale specializzazione complessiva del sistema dei dipartimenti universitari lombardi.

Analizzando i pesi virtuali degli output è possibile calcolare i contributi all'efficienza tecnica di ciascun dipartimento dei singoli output, identificando i dipartimenti a seconda del peso assunto nell'efficienza tecnica dalla produzione scientifica e dal trasferimento tecnologico. I pesi virtuali identificano le "preferenze" ovvero il valore che i singoli dipartimenti attribuiscono ai diversi output considerati nell'analisi di efficienza tecnica. In particolare è possibile individuare i centri "monospecializzati" (centri i cui punteggi di efficienza dipendono da uno solo dei 4 output individuati) e i centri "multispecializzati" (centri per i quali i pesi virtuali degli output sono tutti maggiori di zero). Tra i monospecializzati, 16 lo sono nella produzione scientifica (CS1 o CS4), mentre 7 sembrano puntare molto sulla capacità di trasferimento tecnologico e ai rapporti con le imprese. Sono 3 invece i dipartimenti per cui l'efficienza complessiva dipende da tutti gli output (Tabella 7).

La specializzazione dei centri si apprezza anche dall'esame degli output irrilevanti. Più della metà dei dipartimenti universitari non sembra puntare sull'attrattività dei dottorandi o sulla produzione scienti-

fica. Per un terzo dei centri i ricavi da commesse non hanno alcun ruolo nel determinare l'efficienza tecnica.

Un vantaggio della DEA è di offrire alcune indicazioni di benchmarking desumibili indirettamente dall'analisi della lista delle unità di riferimento ("peers") di ciascun dipartimento inefficiente. I "peers" rappresentano possibili target da emulare per le unità che non sono efficienti. La frequenza con cui i dipartimenti sono identificati come "peers" indica la loro rappresentatività in termini di benchmark effettivo. Una bassa frequenza indica invece la presenza di caratteristiche particolari di difficile emulazione (Athanassopolous, Shale, 1997).

Tabella 7 – Pesì virtuali dei dipartimenti universitari

Dipartimenti universitari	Peso virtuale cs1	Peso virtuale cs4	Peso virtuale EXTPHD	Peso virtuale RICCOMM	N° di volte unità di riferimento
1	0.34	0.45	0.00	0.00	0
2	0.18	0.38	0.00	0.05	0
3	0.29	0.00	0.71	0.00	29
4	0.00	0.09	0.53	0.31	0
5	0.45	0.00	0.21	0.14	0
6	0.07	0.00	0.17	0.54	0
7	0.15	0.27	0.00	0.47	0
8	0.00	0.00	0.23	0.64	0
9	0.00	0.28	0.00	0.72	10
10	0.02	0.00	0.06	0.92	8
11	0.02	0.02	0.00	0.97	11
12	0.01	0.00	0.31	0.68	2
13	0.28	0.22	0.00	0.00	0
14	0.12	0.01	0.24	0.63	9
15	0.01	0.22	0.00	0.31	0
16	0.14	0.15	0.00	0.55	0
17	0.53	0.06	0.04	0.22	0
18	0.42	0.00	0.04	0.52	0
19	0.00	0.03	0.00	0.97	1
20	0.02	0.30	0.40	0.00	0
21	0.00	0.00	0.09	0.45	0

Cont. →

Cont. Tabella 7

Dipartimenti universitari	Peso virtuale cs1	Peso virtuale cs4	Peso virtuale EXTPHD	Peso virtuale RICCOMM	N° di volte unità di riferimento
22	0.38	0.26	0.06	0.09	0
23	0.00	0.52	0.02	0.00	0
24	0.42	0.06	0.00	0.49	0
25	0.00	0.01	0.01	0.98	10
26	0.00	0.21	0.00	0.00	0
27	0.32	0.19	0.00	0.04	0
28	0.01	0.05	0.00	0.55	0
29	0.00	0.21	0.00	0.77	0
30	0.00	0.66	0.00	0.31	0
31	0.00	0.68	0.00	0.15	0
32	0.00	0.26	0.00	0.74	1
33	0.00	0.12	0.00	0.42	0
34	0.00	0.08	0.09	0.71	0
35	0.05	0.05	0.00	0.23	0
36	0.02	0.05	0.00	0.57	0
37	0.00	0.00	0.00	1.00	3
38	0.00	0.98	0.02	0.00	3
39	0.00	0.00	0.31	0.00	0
40	0.00	0.29	0.21	0.10	0
41	0.00	0.00	0.32	0.00	0
42	0.67	0.00	0.00	0.33	8
43	0.00	0.40	0.23	0.37	12
44	0.15	0.13	0.00	0.23	0
45	0.00	0.00	0.00	0.15	0
46	0.00	0.51	0.00	0.00	0
47	0.08	0.22	0.00	0.69	3
48	0.57	0.00	0.00	0.00	0
49	0.00	0.30	0.09	0.00	0
50	0.59	0.30	0.00	0.00	0
51	1.00	0.00	0.00	0.00	1

Cont. →

Cont. Tabella 7

Dipartimenti universitari	Peso virtuale cs1	Peso virtuale cs4	Peso virtuale EXTPHD	Peso virtuale RICCOMM	N° di volte unità di riferimento
52	0.00	0.42	0.00	0.00	0
53	0.00	0.33	0.00	0.00	0
54	0.00	0.24	0.00	0.29	0
55	0.00	0.00	0.38	0.08	0
56	0.71	0.17	0.00	0.12	11
57	0.00	0.95	0.00	0.05	7
58	0.00	0.00	0.00	0.00	0
59	0.00	0.08	0.16	0.49	0
60	0.21	0.00	0.15	0.40	0
61	0.00	1.00	0.00	0.00	7
62	0.00	0.00	0.08	0.92	1
63	0.00	0.01	0.00	0.98	11
64	0.46	0.19	0.00	0.00	0
65	0.05	0.24	0.00	0.00	0
66	0.00	0.87	0.00	0.00	0
67	0.00	0.48	0.00	0.01	0
68	0.00	0.56	0.02	0.03	0
69	0.87	0.00	0.00	0.13	18
70	0.00	0.04	0.23	0.73	5
71	0.18	0.45	0.37	0.00	4
72	0.11	0.27	0.00	0.01	0
73	0.00	0.00	0.00	1.00	4
74	0.00	0.04	0.00	0.96	6
75	0.00	0.00	0.97	0.03	10
76	0.00	0.29	0.00	0.00	0
77	0.00	0.00	0.00	0.00	0
78	0.00	1.00	0.00	0.00	1
79	0.00	0.00	0.00	1.00	8
80	0.51	0.00	0.26	0.00	0
81	0.06	0.47	0.00	0.01	0

Cont. →

Cont. Tabella 7

Dipartimenti universitari	Peso virtuale CS1	Peso virtuale CS4	Peso virtuale EXTPHD	Peso virtuale RICCOMM	N° di volte unità di riferimento
82	0.00	0.34	0.00	0.00	8
83	0.34	0.00	0.03	0.02	0
84	0.00	1.00	0.00	0.00	38
85	0.44	0.15	0.00	0.00	0
86	0.00	0.00	0.40	0.60	8
87	0.00	0.37	0.00	0.01	0
88	0.40	0.11	0.00	0.06	0
89	0.00	0.00	0.00	1.00	10
90	0.96	0.04	0.00	0.00	2
91	0.00	0.26	0.00	0.00	0
92	0.00	0.00	0.58	0.42	4
93	0.46	0.41	0.00	0.13	9
Dipartimenti con peso virtuale = 0	51	29	59	31	
Dipartimenti monospecializzati	4	12	4	7	

Fonte: elaborazione IReR su dati QUESTIO, 2006

L'identificazione di effetti ambientali o di contesto che possono influire sull'efficienza dei dipartimenti universitari viene ricondotta all'analisi degli effetti della localizzazione geografica. È possibile ipotizzare che la localizzazione dei dipartimenti in aree ad alto tasso di concentrazione di imprese stimoli positivamente la produttività scientifica dei centri di ricerca. In questo caso la variabile ambientale rilevante è rappresentata dall'ubicazione dei dipartimenti nella provincia di Milano o nel comune di Milano, area ad alta concentrazione di imprese multinazionali. Il test di Kruskal Wallis sui punteggi di efficienza non rifiuta tuttavia l'ipotesi nulla che i dipartimenti ubicati nell'area milanese siano significativamente diversi da quelli localizzati altrove². Pertanto possiamo ritenere che il contesto ambientale (loca-

² La statistica test di Kruskal Wallis è pari nel primo caso (Provincia di Milano vs resto della Lombardia) a 0,78, nel secondo (Comune di Milano vs resto della Lombardia) a 0,54.

lizzazione nell'area milanese) non abbia un grande peso nel determinare l'efficienza tecnica dei dipartimenti.

6. Conclusioni e implicazioni di policy

L'analisi dell'efficienza tecnica dei dipartimenti universitari della Lombardia ha permesso di evidenziare alcuni aspetti di interesse per le politiche di Regione Lombardia.

Dai risultati ottenuti possiamo concludere che la maggior parte dei dipartimenti non è interessato alle pubblicazioni scientifiche in termini di numerosità di articoli realizzati, piuttosto considera prioritaria la qualità degli stessi come elemento distintivo a livello internazionale. Questo ha significative ricadute in termini di politiche in quanto giustifica interventi basati sulla premialità e sulla valutazione della qualità degli attori coinvolti. I dati confermano quanto emerso in letteratura circa le ricadute sullo sviluppo economico del territorio e sulla produttività delle imprese. La valorizzazione della ricerca, quantificata attraverso i ricavi su commessa, rappresenta un output rilevante per la maggior parte dei dipartimenti, tanto quanto gli output di natura scientifica, anche se l'apertura verso il mondo industriale può e deve essere ulteriormente intensificata. I dottorati di ricerca rappresentano ancora un punto debole nei processi di trasferimento e di incontro tra esigenze dell'industria e accademia, come evidenziato dall'elevato numero di dipartimenti che non li annovera fra i propri output. Questo elemento costituisce sicuramente un'indicazione importante per l'affinamento delle iniziative già avviate in materia di alta formazione.

Va rilevato che trattandosi di strutture accademiche, è difficile imputare direttamente ad esse una carenza di management: le logiche con cui si muovono i dipartimenti possono essere condizionate da quelle degli atenei. È auspicabile tuttavia una maggiore attenzione da parte degli atenei e dei dipartimenti a strutturarsi per sapere gestire al meglio le risorse disponibili e costruire relazioni con il mondo produttivo.

Complessivamente il numero di dipartimenti efficienti è relativamente basso e così pure il livello di efficienza medio del campione, che si attesta attorno ad un valore di 0,7 a differenza di altri studi analoghi in cui il valor medio è attorno allo 0,85 (Rizzi, 1999). Il numero elevato di dipartimenti inefficienti richiama l'attenzione sui criteri di selezione ai fondi nazionali e regionali a sostegno della ricerca e dell'innovazione, oltre all'effettiva capacità di alcuni di essi di trasferire conoscenze al sistema delle imprese. Da questo è possibile concludere

che la scarsa performance innovativa regionale non è solo imputabile a un insufficiente livello di risorse, soprattutto se paragonato ad altri sistemi regionali di innovazione, ma deriva anche dalla limitata efficienza dei singoli dipartimenti.

L'analisi può essere ulteriormente raffinata lungo due direzioni. In primo luogo, per misurare l'efficienza complessiva del sistema vanno prese in considerazione anche le rimanenti tipologie di dipartimenti (che costituiscono il 50% del totale), andando ad identificare indicatori opportuni in base alla posizione occupata lungo il processo di innovazione. In secondo luogo, il presente lavoro propone un'analisi statica, mentre più interessante, anche dal punto di vista delle politiche, sarebbe l'osservazione dei trend di efficienza e di specializzazione delle unità considerate.

Da ultimo, questo studio ha dimostrato come la disponibilità di dati a livello di singole strutture sia indispensabile per identificare le situazioni critiche e i casi virtuosi; la Regione Lombardia si è dimostrata attenta a questo aspetto avendo promosso da tempo l'utilizzo del sistema QUESTIO, strumento informativo e valutativo della capacità scientifica e di trasferimento tecnologico dei dipartimenti.

Bibliografia

- Abramovsky L., Kremp E., Lopez A., Smith T., Simpson H. (2005), *Understanding cooperative R&D activity: Evidence from four European countries*, The Institute for Fiscal Studies, WP05/23
- Afonso A., Schuknecht L., Tanzi V. (2006), «Public sector efficiency. Evidence for new EU Member States and emerging markets», *European Central Bank, working paper series*, n. 581
- Agasisti T., Dal Bianco A. (2006), «Data Envelopment Analysis to the Italian University System: Theoretical Issues and Policy Implications», *International Journal of Business Performance Management*, vol. 8, n. 4, pp. 344-367
- Altenburg T. (2000), «Linkages and spillovers between transnational corporations and small and medium-sized enterprises in developing countries: opportunities and policies», in UNCTAD, TNC-SME, *Linkages for development: Issues-experiences-Best-Practices (New York and Geneva: United Nations)*, United Nation Publication, UNCTAD/ITE/TEB/1, pp. 3-61
- Altomonte C., RIELA S. (2005), *La valorizzazione del capitale umano in Lombardia*, IReR, mimeo
- Athanassopoulos A.D., Shale E. (1997), *Assessing the Comparative Efficiency of Higher Education Institutions in the UK by Means of Data Envelopment Analysis*, *Education Economics*, vol. 5, n. 2, pp. 117-134
- Avkiran N. (2006), «Modelling Knowledge Production Performance of Research Centres with a Focus on Triple Bottom Line Benchmarking», *International Journal of Business Performance Management*, 8 (4), pp. 307-327
- Azzone G. (2000), *Innovare il sistema di controllo di gestione*, Etas Libri, Milano
- Bartezzaghi E., Spina G., Verganti R. (1999), *Organizzare le PMI per la crescita*, Il Sole 24 ore, Milano
- Bonaccorsi A., Daraio C. (2004), «Econometric approaches to the analysis of productivity of R&D systems. Production functions and production frontiers», in Moed H.F., Glanzel W., Schmoch U. (eds.), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, Kluwer Academic Publishers, pp. 51-74
- Bonaccorsi A., Daraio C. (2003), «Struttura per età, effetti di scale, dinamica della crescita e produttività scientifica. Un'analisi sugli istituti del CNR», in Bonaccorsi A. (a cura di), *Il sistema della ricerca pubblica in Italia*, Franco Angeli, Milano
- Branstetter L., Y. Ogura (2005), «Is Academic Science Driving a Surge in Industrial Innovation? Evidence from patent citations», *NBER Working Paper Series*, Working Paper 11561

- Charles D. (2003), *Universities and Territorial Development: Reshaping the Regional Role of UK Universities*, *Local Economy*, 18, 1, pp. 7-20
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978), «Measuring the efficiency of decision making units», *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444
- Coccia M. (2001), «A basic model for evaluating R&D performance: theory and application in Italy», *R&D Management*, 31 (4), pp. 453-464
- Coccia M. (2004), «New models for measuring the R&D performance and identifying the productivity of public research institutes», *R&D Management*, 34 (3), pp. 267-280
- Cohen W.M., Nelson R.R., Walsh J.P. (2002), «Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D», *Management Science*, 48 (1), pp. 1-23
- Cohen W.M., Florida R., Randazzese L., Walsh J. (1998), «Industry and the academy: Uneasy partners in the cause of technological advance», in Noll R. (ed.), *Challenges to the Research University*, Brookings Institution, Washington, DC
- Cohn E., Cooper S.T. (2004), «Multiproduct Cost Functions for Universities», in Johnes G., Johnes J., *International Handbook on the Economics of Education*, Edward Elgar Publishing
- Commissione della Comunità Europea (2003), *Politica dell'innovazione: aggiornare l'approccio dell'Unione europea nel contesto della strategia di Lisbona*, Final Report, Bruxelles
- Commissione Europea, COM (2001), *The Regional Dimension of the European Research Area*
- Cooke P., Uranga M.G., Etxebarria G. (1997), «Regional Innovation Systems: Institutional and organisational dimensions», *Research Policy*, 26, pp. 475-491
- Cooper W., Seiford L., Tone K. (2006), *Introduction to Data Envelopment Analysis and its uses*, Springer, New York
- Cusmano L., Malerba F. (2005), «Le sfide strategiche per l'innovazione in Lombardia», in IReR (2005), *Lombardia 2005. Società, Governo e sviluppo del sistema lombardo dieci anni di esperienze*, Guerini e Associati, Milano
- Dietz J., Bozeman B. (2005), «Academic Careers, Patents, and Productivity: Industry Experience as Scientific and Technical Human Capital», *Research Policy*, 34, pp. 349-367
- Ernst D., Kim L. (2002), «Global production networks, knowledge diffusion, and local capability formation», *Research Policy*, 31, pp. 1417-1429
- Etzkowitz H. (2002), *MIT and the Rise of Entrepreneurial Science*, Routledge, London

- Etzkowitz H., Leydesdorff L. (2000), «The dynamics of innovation: from national systems and 'mode 2' to a Triple Helix of university-industry-government relations», *Research Policy*, 29, pp. 109-123
- Finlombarda S.p.A. (2003), *Rapporto su finanza e innovazione*
- Gambardella A. (1995), *Science and Innovation: The U.S. Pharmaceutical Industry during the 1980s*, Cambridge University Press
- Hare P.G., Wyatt G.J. (1992), «Economics of academic research and its implications for higher education», *Oxford Review of Economic Policy*, 8, 2, pp. 48-66
- Howard C. (2005), «The Policy Cycle: A Model of Post-Machiavelian Policy Making?», *Australian Journal of Public Administration*, 64 (3), pp. 3-13
- IReR (2004), *Quality Evaluation for Science and Technology for Innovation Opportunity (QUESTIO)*, Rapporto finale di ricerca
- IReR (2005), *Lombardia 2005. Società, Governo e sviluppo del sistema lombardo dieci anni di esperienze*, Guerini e Associati, Milano
- ISTAT (2005), *La Ricerca e Sviluppo in Italia nel periodo 2003-2005, Statistiche in breve*, Roma
- Jencks C., Reisman D. (1968), *The Academic Revolution*, Doubleday, New York
- Kingsley G., Bozeman B., Coker K. (1996), «Technology transfer and absorption: an R&D value mapping approach», *Research Policy*, 25, pp. 967-995
- Kocher M.G., Luptáçik M., Sutter M. (2001), *Measuring Productivity of Research in Economics, A Cross-Country Study Using DEA*, Vienna University of Economics, Department of Economics Working Paper Series, WP n.77
- Kok W. (2004), (ed.), *Facing the challenge: the Lisbon Strategy for growth and employment*, Commissione Europea, Strasburgo
- Köksal G., Nalçacı B. (2006), «The relative efficiency of departments at a Turkish engineering college: A data envelopment analysis», *Higher Education*, 51, pp. 173-189
- Lechner C., Dowling M. (1999), «The Evolution of Industrial Districts and Regional Networks: The Case of the Biotechnology Region Munich/Martinsried», *Journal of Management and Governance*, 3, pp. 309-338
- Link A., Scott J. (2005), «Opening the Ivory Tower's Door: An Analysis of the Determinants of the Formation of US University Spin-Off Companies», *Research Policy*, 34, pp. 1106-1112
- Lint O., Pennings E. (1999), «Finance and strategy: time-to-wait or time-to-market?», *Long Range Planning*, 32 (5), pp. 483-493
- Luukkonen T. (1998), «The difficulties in assessing the impact of EU framework programmes», *Research Policy*, 27, pp. 599-610

- Malecki E. (1981), «Government funded R&D: some regional economic implications», *The Professional Geographer*, 33, 1, pp. 72-82
- Malerba F. (1993), (a cura di), *Sistemi innovativi Regionali a confronto*, Franco Angeli, Milano
- Mansfield E. (1991), «Academic research and industrial innovation», *Research Policy*, 26, pp. 1-12
- Metzger W. (1955), *Academic Freedom in the Age of the University*, Columbia University Press, New York
- Moreno A.A., Tadepali R. (2002), «Assessing Academic Department Efficiency at a Public University», *Managerial and Decision Economics*, 23, pp. 385-397
- Narin F., Hamilton K.S. (1996), «Bibliometric performance measures», *Scientometric*, 36, pp. 293-310
- O'Mahony M., Van Ark B. (2003), (eds.), *EU Productivity and Competitiveness: An Industry Perspective Can Europe Resume the Catching-up Process?*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- OECD (1996a), *Technology, Productivity and Job Creation*, vol. 2, Analytical Report, OECD, Paris
- OECD (2002), *Science, Technology and Industry outlook*, OECD, Paris
- Onida F. (2003), *Growth, competitiveness and firm size: factors shaping the role of Italy's productive system in the world arena*, Cespri Working Paper
- Pastor J.T., Ruiz J. L., Sirvent I. (2002), «A statistical test for nested radial DEA models», *Operation Research*, 50 (4), pp. 728-735
- Pesenti R., Ukovich W. (1996a), *Data envelopment analysis: a possible way to evaluate the academic activities*, Internal Report, DEEI, Università di Trieste
- Pesenti R., Ukovich W. (1996b), *Evaluating Academic Activities Using DEA*, Internal Report, DEEI, Università di Trieste
- Pontarollo E. (2005), «I grandi trend di cambiamento esogeno», in IReR (2005), *Lombardia 2005. Società, Governo e sviluppo del sistema lombardo dieci anni di esperienze*, Guerini e Associati, Milano
- Porter M.E. (1998), *Clusters and the New Economics of Competition*, Harvard Business School Press
- Regione Lombardia (2004), *Documento Strategico per la Ricerca e l'Innovazione*, Milano
- Rizzi D. (1999), *L'efficienza dei dipartimenti dell'Università Ca' Foscari di Venezia via DEA e DFA*, Working Paper, Università Ca' Foscari di Venezia, Dipartimento di Scienze Economiche
- Romer P.M. (1990), «Endogenous technical change», *Journal of Political Economy*, 98, pp. 71-102

- Sala A., Landoni P., Verganti R. (2006), *An evaluation framework to assess R&D network activities*, SPRU 40th Anniversary Conference, Brighton, CD-Rom
- Sapir A. (2003), (ed.), *An Agenda for a growing Europe: Making the EU Economic System deliver*, Report of an Independent High-Level Study Group established on the initiative of the President of the European Commission, Brussels
- Schumpeter J.A. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper, New York
- Siegel D.S., Waldman D.A., Leanne E.A., Albert L.N. (2003), «Commercial knowledge transfers from universities to firms: improving the effectiveness of university-industry collaboration», *Journal of High Technology Management Research*, 14, pp. 111-133
- Solow R.M. (1957), «Technical Change and the Aggregate Production Function», *Journal of Political Economy*, 39, pp. 312-320
- Storr R. (1952), *The Beginnings of Graduate Education in America*, University of Chicago Press, Chicago
- Thursby J.G. (2000), «What Do We Say about Ourselves and What Does It Mean? Yet Another Look at Economics Department Research», *Journal of Economic Literature*, vol. 38, pp. 383-404
- Verganti R. (2005), «L'azione della Regione nel campo della ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico», in IReR (2005), *Lombardia 2005. Società, Governo e sviluppo del sistema lombardo dieci anni di esperienze*, Guerini e Associati, Milano
- Verganti R., Landoni P., Salerno M. (2004), *La valutazione della ricerca e del trasferimento tecnologico in ambito regionale*, Guerini e Associati, Milano
- Veysey L. (1965), *The Emergence of the American University*, University of Chicago Press, Chicago
- Zhu J. (2003), *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking*, Kluwer Academic Publisher, Boston, MA

