Innovazione, interdipendenze settoriali e commercio internazionale*

TULLIO GREGORI, STEFANIA P. S. ROSSI

Abstract

Questo capitolo ha l'obiettivo di analizzare gli effetti di propagazione dell'innovazione a livello settoriale confrontando due approcci, che sebbene apparentemente distanti, sono in realtà strettamente collegati tra loro. Il primo, basato sulle matrici Input/Output, guarda al lato della domanda e prende in esame i sistemi nazionali di innovazione evidenziando i settori che sono particolarmente rilevanti in termini di ricerca e sviluppo. Il secondo approccio, che si è affermato più recentemente con riferimento al commercio internazionale, si basa sull'uso delle matrici Input/Output che forniscono una valutazione dei flussi commerciali di beni e servizi in termini di valore aggiunto. Questo lavoro ha il pregio di evidenziare le somiglianze tra le due impostazioni e mostra come alcuni indicatori di innovazione possano essere estesi anche ad analisi aperte ad un contesto internazionale.

This chapter aims at analyzing propagation effects of innovation at the sectoral level by comparing two approaches, which although apparently distant, are actually closely related to each other. The first one, based on the Input/Output matrices, looks at the demand side and it addresses the national innovation systems, highlighting the sectors that are particularly relevant in terms of Research and Development (R&D). The second approach, which is more recent and it refers to international trade, is based on Input/Output matrices and it provides an assessment of the international-intersectoral flows of goods and services in terms of added value. Our contribution has the advantage of highlighting the similarities between these approaches and it shows how some innovation indicators can be extended to analyze R&D in an international setting.

Keywords

Input/Output; R&S; commercio internazionale; settori innovativi
Input/Output; R&D; trade in value added; innovative sectors

* Sebbene il capito sia frutto di riflessioni comuni, Stefania P.S. Rossi ha contribuito alla stesura delle sezioni 1 e 5.

1. Introduzione

Lo studio degli effetti di propagazione (*spillover*) dell'innovazione a livello settoriale è da tempo al centro del dibattito teorico ed applicato (Pavitt, 1984; Robson *et al*., 1988; Bernstein, 1989; Wolff e Nadiri, 1993, Dietzenbacher, 2000; Drejer, 2000; Harada, 2016). In questo lavoro ci soffermiamo sull'analisi dei sistemi tecnologici da un punto di vista intersettoriale, prendendo spunto da una copiosa letteratura, sviluppatasi sul finire del secolo scorso, che ha combinato il modello Input/Output con i dati sull'innovazione (Scherer, 1982; Marengo e Sterlacchini, 1990, Malerba, 1993; Montresor, 1994; DeBresson *et al*., 1994; DeBresson, 1996; Schnabl, 1994, 1995; Leoncini *et al*., 1996; Economic System Research, 1997, Drejer, 2000). In realtà, quest'approccio ha delle solide basi costituite dalla teoria sraffiana che, oltre alla nota disamina sulla struttura dei prezzi e sulla distribuzione del valore (Sraffa, 1960), fornisce anche degli utili strumenti di analisi empirica come evidenziato in Momigliano e Siniscalco (1982, 1984). I modelli che utilizzano le interdipendenze settoriali non sono esenti da critiche, ma hanno il pregio di risolvere uno dei principali limiti delle ricerche empiriche sull'innovazione. Infatti queste ultime sono spesso "*site specific*" ovvero troppo strettamente collegate ai paesi o alle regioni prese in esame rendendo difficile la generalizzazione a contesti più ampi. Questo è un problema di non poco conto, vista la forte interdipendenza tra processo innovativo e contesto esterno (Edquist, 1997). Infatti, i processi innovativi non avvengono isolatamente, ma dipendono fortemente dalle forme organizzative delle imprese, dalle istituzioni presenti in loco (istituti o aree di ricerca, università), nonché dalle relazioni tra fornitori ed utilizzatori dei prodotti e servizi (Cainelli *et al*., 2012). Ovviamente, la mera presenza di istituzioni e controparti da sola non è sufficiente a creare innovazione, mentre sembra giocare un ruolo fondamentale il carattere interattivo delle relazioni tra le istituzioni che operano nel contesto e le imprese innovatrici.

Le determinanti che influenzano il successo dei sistemi innovativi di un paese sono molteplici e gli studi basati su dati a livello locale non sono facilmente replicabili. Anche le analisi comparative a livello nazionale rivelano una notevole diversità di fonti informative e risultati (Nelson, 1993; Acs *et al*., 2017; Kostova *et al*., 2019).

Viceversa, le informazioni basate sulle tavole Input/Output sono disponibili a livello nazionale per tutti i paesi industrializzati ed anche per molte economie in via di sviluppo (Kay *et al*., 2016; Schützi, 2017); inoltre questi dati sono spesso confrontabili permettendo così analisi comparate. Tuttavia è utile mettere in evidenza che anche l'approccio basato sulle tavole Input/Output presenta dei limiti che sono ben noti in letteratura (Marengo e Sterlacchini, 1990). Tra questi ricordiamo il fatto che l'innovazione è inclusa solo nei prodotti e servizi e non comprende il trasferimento di conoscenza di altro tipo quali i *pure technology spillover* (Ciriaci *et al.*, 2015). Inoltre, non è possibile prendere in considerazione l'innovazione di processo o di tipo organizzativo. Per di più, usando l'approccio Input/Output il trasferimento della ricerca e sviluppo (R&S) nei beni e servizi avviene in modo completo solo nel periodo in cui viene finanziata l'innovazione, sottraendo la possibilità di modellare sia i ritardi temporali, che esistono tra l'investimento in ricerca ed i relativi risultati, sia la probabilità di successo delle attività in R&S. Infine, un altro limite è costituito dal fatto che non sempre esiste una piena corrispondenza biunivoca tra imprese innovatrici ed i settori industriali di appartenenza, in quanto chi innova spesso produce diversi tipi di beni e servizi ed è presente con stabilimenti in più branche settoriali. Questo può produrre un disallineamento tra la branca a cui viene imputata l'attività di R&S ed il settore in cui effettivamente viene realizzata o utilizzata l'innovazione.

Tenendo conto di queste limitazioni, l'approccio Input/Output che descriviamo nella prossima sezione fornisce un quadro rigoroso per l'analisi delle interdipendenze settoriali anche con riferimento alle spese in R&S e permette, in presenza di disponibilità dei dati, di ottenere degli utili raffronti a livello internazionale. Inoltre, esso ci consente di classificare i settori ed i paesi distinguendo tra quelli tecnologicamente pervasivi e quelli che invece sono dipendenti dalle innovazioni altrui. A differenza degli altri, i primi sono caratterizzati da un notevole capacità innovativa, che nel nostro approccio spieghiamo considerando solo il lato della domanda, così come vuole il modello *à la* Leontief, in cui l'output è funzione perfettamente elastica alla domanda. In altri termini, il nostro approccio non spiega il lato dell'offerta, e quindi gli input, come ad esempio gli investimenti in R&S o il capitale umano. La prossima sezione di questo lavoro è proprio dedicata alla presentazione del modello lineare che lega la domanda finale con la ricerca finalizzata all'innovazione in un dato sistema economico, secondo l'approccio per subsistemi introdotto da Sraffa (1960). In altri termini, con questo modello evidenziamo il nesso tra domanda finale e prodotto totale che può essere formalizzato non solo in un'ottica multisettoriale ma anche in quella multiregionale o multinazionale. A tal fine per rendere più esplicito questo legame nella terza sezione analizziamo i modelli che recentemente hanno riconsiderato il commercio internazionale dal punto di vista dei flussi commerciali di beni e servizi in termini di valore aggiunto. Il nostro obiettivo è quello di ribadire la sostanziale consonanza tra quest'ultimo approccio e quello utilizzato per l'analisi multisettoriale dell'innovazione. In questo modo è possibile desumere, come suggerito dalla tassonomia di Pavitt (1984), una serie di indicatori utili per discriminare tra settori tecnologicamente pervasivi e quelli dipendenti, che saranno presentati nella quarta sezione di questo lavoro. Infine, l'ultima sezione di questo capitolo conclude e delinea alcune possibili linee di ricerca futura.

Sraffa (1960), nel suo celebre contributo intitolato "*Production of Commodities by Means of Commodities*", prende in esame il concetto di subsistema, che verrà successivamente sviluppato da Pasinetti (1973) con l'introduzione della nozione di settori verticalmente integrati. In sostanza, entrambi gli autori decidono di aprire, come una sorta di fisarmonica, il vettore di equilibrio della produzione totale. Infatti, il subsistema viene definito come il vettore della produzione dei diversi settori necessaria per sostenere la domanda finale di un'unica industria. Nel caso di un semplice sistema lineare *à la* Leontief, la matrice dei subsistemi o dei settori verticalmente integrati si ottiene applicando l'inversa leonteffiana alla matrice diagonale della domanda finale. Nel caso di due sole industrie si ha:

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \\ x_{21} & x_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 & 0 \\ 0 & y_2 \end{bmatrix} \tag{1}$$

che può essere immediatamente estesa ad un sistema di n settori:

$$\mathbf{X} = \mathbf{B}\,\hat{\mathbf{y}} \tag{2}$$

È pure evidente che se il vettore della domanda finale è composta da un vettore nulla eccetto un elemento che poniamo pari ad uno, allora ogni colonna della matrice **X** raccoglie i moltiplicatori dell'output multisettoriale poiché ogni elemento b_{ij} esprime di quanto si deve attivare la produzione dell'i-esimo settore per soddisfare la domanda finale unitaria della j-esima industria (Miller e Blair, 2006). Inoltre, se poniamo la matrice diagonale della domanda pari alla matrice identità, ovvero $\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{I}$, otteniamo la decomposizione dei moltiplicatori del primo tipo secondo i settori verticalmente integrati (Schnabl, 1995).

Momigliano and Siniscalco (1982) considerano l'approccio per subsistemi ed introducono un'ulteriore trasformazione lineare, che definiscono come l'operatore **S**. Tale operatore permette di superare uno dei limiti interpretativi dei settori verticalmente integrati. Infatti, mentre la somma degli elementi lungo una colonna genera il valore della produzione complessiva necessaria per sostenere la domanda finale di un'industria, la somma lungo le righe della matrice **X** produce un risultato privo di significato. La matrice **S,** invece, può essere utilizzata come operatore intermedio per un'analisi sia lungo le righe sia lungo le colonne. Questo si ottiene dividendo la matrice **X** riga per riga per il corrispondente elemento della produzione totale. Tale operazione consiste nella:

$$\mathbf{S} = \hat{\boldsymbol{x}}^{-1}\left(\mathbf{I} - \mathbf{A}\right)^{-1}\hat{\boldsymbol{y}} \tag{3}$$

che permette di normalizzare la produzione poiché, per definizione, $\sum_j s_{ij} = 1$. Quindi, ogni riga dell'operatore **S** mostra le quote appartenenti a ciascun subsistema, mentre le colonne rappresentano proprio i subsistemi in termini dalla produzione necessaria per sostenere la domanda finale. Tuttavia, la somma degli elementi lungo le righe è ancora priva di senso ma, se pre-moltiplichiamo l'operatore **S** per una opportuna matrice diagonale, tale operazione diviene invece possibile. Condizione necessaria è che gli elementi di questa matrice diagonale siano espressi in termini omogenei. In letteratura, è stato proposto il fattore lavoro (Momigliano e Siniscalco, 1982), il valore aggiunto (Heimler, 1991) o, nel caso che ci interessa più direttamente, la spesa in innovazione (Montresor, 1994, Schnabl, 1995) o gli addetti relative all'R&S (Momigliano e Siniscalco, 1984; Marengo e Sterlacchini, 1990). In ogni caso, il modello è dato dalla:

$$\mathbf{R} = \hat{\mathbf{r}}\mathbf{S} = \hat{\lambda}^{-1}\mathbf{B}\hat{\boldsymbol{y}} \tag{4}$$

dove λ esprime la produttività del lavoro impiegato o la spesa per unità di output.

Questa diversa formulazione dei subsistemi permette di ottenere, ad esempio, una decomposizione dell'utilizzo del fattore lavoro impiegato nell'R&S che entra nella domanda finale, poiché ogni *entry* della matrice **R**, ovvero il generico elemento r_{ij}, indica il lavoro attivato nel settore i-esimo necessario per soddisfare la domanda finale del settore j-esimo. Si tratta quindi del lavoro di ricerca incorporato nella produzione dell'j-esimo bene finale. Poiché si tratta di lavoro, che è espresso in termini omogenei, possiamo sommare sia gli elementi lungo le colonne sia lungo le righe. Nell'ultimo caso otteniamo il lavoro complessivamente attivato nell'ambito della ricerca e sviluppo dalla domanda finale di un specifico settore, mentre nel primo abbiamo il valore complessivo degli addetti nell'R&S in un determinato settore. In quest'ultimo caso riotteniamo proprio il dato che viene utilizzato per creare la matrice diagonale $\hat{\mathbf{r}}$.

Di particolare rilevanza sono gli elementi posti lungo la diagonale della matrice **R**, ovvero r_{ii}, poiché esprimono quanta ricerca di un settore è dovuta alla domanda finale dello stesso. In sostanza, si tratta della ricerca effettuata all'interno di ogni settore. Se il rapporto tra innovazione di processo e quella totale, ovvero $r_{ij} / \sum_j r_{ij}$, è elevato allora ci sono scarsi effetti di *spillover* tra il settore i-esimo e il resto del sistema economico e, per alcuni autori, questo fatto indica la presenza di innovazione di processo (Scherer 1982, 1984; Schnabl, 1994).

Quest'approccio può essere facilmente esteso per tenere conto anche della dimensione spaziale. Ad esempio, Gregori e Schachter (1999) considerano un'economia biregionale, costituita dal Nord e dal Sud d'Italia, rappresentata dalla:

$$\mathbf{R} = \hat{\mathbf{r}}\,\mathbf{S} = \hat{\lambda}^{-1}\,\mathbf{B}\hat{\boldsymbol{y}} = \begin{bmatrix} \hat{\lambda}^{N} & 0 \\ 0 & \hat{\lambda}^{S} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{B}^{NN} & \mathbf{B}^{NS} \\ \mathbf{B}^{SN} & \mathbf{B}^{SS} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{y}}^{N} & 0 \\ 0 & \hat{\boldsymbol{y}}^{S} \end{bmatrix} \tag{5}$$

dove $\lambda = (\lambda^N, \lambda^S)'$ è il vettore delle produttività regionali del lavoro e:

$$\mathbf{B}^{NN} = \left[\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{NN}\right) - \mathbf{A}^{NS}\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{SS}\right)^{-1}\,\mathbf{A}^{SN}\right]^{-1}; \tag{6}$$

$$\mathbf{B}^{NS} = \left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{NN}\right)^{-1}\mathbf{A}^{NS}\left[\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{SS}\right) - \mathbf{A}^{SN}\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{NN}\right)^{-1}\,\mathbf{A}^{NS}\right]^{-1}; \tag{7}$$

$$\mathbf{B}^{NS} = \left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{SS}\right)^{-1}\,\mathbf{A}^{SN}\left[\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{NN}\right) - \mathbf{A}^{NS}\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{SS}\right)^{-1}\,\mathbf{A}^{SN}\right]^{-1}; \tag{8}$$

$$\mathbf{B}^{SS} = \left[\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{SS}\right) - \mathbf{A}^{SN}\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{NN}\right)^{-1}\,\mathbf{A}^{NS}\right]^{-1}; \tag{9}$$

mostrano gli usuali moltiplicatori intra ed interregionali, che tengono conto degli effetti di *spillover* e *feedback* (Miller e Blair, 2006). Ovviamente questo schema può essere agevolmente esteso ad un numero qualunque di regioni in quanto può essere inquadrato nel seguente sistema di contabilità nazionale:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{T} & \mathbf{Y} & \boldsymbol{x} \\ \mathbf{W} & & \\ \boldsymbol{x}' & & \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{T}^{11} & \mathbf{T}^{12} & \cdots & \mathbf{T}^{1R} & \boldsymbol{y}^{11} & \boldsymbol{y}^{12} & \cdots & \boldsymbol{y}^{1R} & \boldsymbol{x}^{1} \\ \mathbf{T}^{21} & \mathbf{T}^{22} & \cdots & \mathbf{T}^{2R} & \boldsymbol{y}^{21} & \boldsymbol{y}^{22} & \cdots & \boldsymbol{y}^{2R} & \boldsymbol{x}^{2} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{T}^{R1} & \mathbf{T}^{R2} & \cdots & \mathbf{T}^{RR} & \boldsymbol{y}^{R1} & \boldsymbol{y}^{R2} & \cdots & \boldsymbol{y}^{RR} & \boldsymbol{x}^{R} \\ \boldsymbol{w}_1^{1} & \boldsymbol{w}_1^{2} & \cdots & \boldsymbol{w}_1^{R} & & & & & \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & & & & & \\ \boldsymbol{w}_G^{1} & \boldsymbol{w}_G^{2} & \cdots & \boldsymbol{w}_G^{R} & & & & & \\ \boldsymbol{x}^{1'} & \boldsymbol{x}^{2'} & \cdots & \boldsymbol{x}^{R'} & & & & & \end{bmatrix} \tag{10}$$

ove $\mathbf{T}$ è la matrice di dimensione ($NR \times NR$) dei flussi a livello globale con $n = 1, \ldots, N$ settori e $k = 1, \ldots, R$ regioni. In questa impostazione, la generica matrice ($N \times N$) dei flussi bilaterali relativi al commercio interregionale è data dalla $\mathbf{T}^{rs}$, che mostra le vendite intermedie dai settori della regione r a quelli di s. Anche la matrice della domanda finale $\mathbf{Y}$ è di dimensione ($NR \times R$) in accordo con la suddivisione adottata. Questa mette in evidenza le vendite di beni e servizi da parte di ogni regione ai consumatori finali di tutto il paese. Infine, la matrice relativa ai pagamenti dei G fattori produttivi è data da $\mathbf{W}$ – di dimensione ($G \times NR$) – mentre il vettore della produzione totale $\boldsymbol{x}$ ha dimensione ($NR \times 1$). Naturalmente, questo schema può essere utilizzato anche in un sistema mondiale e permette di definire delle opportune misure relative al commercio internazionale che presentiamo nella sezione seguente.

3. Misure di commercio internazionale in valore aggiunto

In questa sezione prendiamo in esame l'analisi del commercio internazionale secondo il cosiddetto approccio del *trade in value added* e del *value added in trade* (Stehrer, 2012). Consideriamo ancora un sistema con $n = 1, \ldots, N$ settori e $k = 1, \ldots, R$ paesi, come indicato nella (10), che implica $(NR \times NR)$ flussi di beni intermedi. Poiché la matrice dei coefficienti di input, che descrivono la tecnologia a livello mondiale, è data dalla:

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z}\hat{\boldsymbol{x}}^{-1} \tag{11}$$

possiamo considerare ancora il modello leonteffiano:

$$\boldsymbol{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\boldsymbol{y} = \mathbf{B}\sum_{i=1}^{R}\boldsymbol{f}^{i} \tag{12}$$

ove la domanda finale è anche espressa dalla:

$$\boldsymbol{y} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{y}^{1} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{c} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{y}^{11} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{c1} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{R1} \end{bmatrix} + \ldots + \begin{bmatrix} \boldsymbol{y}^{1c} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{cc} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{Rc} \end{bmatrix} + \ldots + \begin{bmatrix} \boldsymbol{y}^{1R} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{cR} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{RR} \end{bmatrix} = \boldsymbol{f}^{1} + \ldots + \boldsymbol{f}^{c} + \ldots + \boldsymbol{f}^{R}$$

Johnson and Noguera (2012) si soffermano proprio su questa decomposizione della domanda finale per paese enfatizzando il ruolo del vettore del prodotto necessario per soddisfare la domanda del generico paese *c*:

$$\boldsymbol{q}^{c} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\boldsymbol{f}^{c} \tag{13}$$

con $\boldsymbol{x} = \sum_{c=1}^{R}\boldsymbol{q}^{c}$. Prendendo spunto dalla (13), Koopman *et al.* (2014) suggeriscono di esprimere questa formulazione in modo compatto, raccogliendo tutte le domande finali dei diversi paesi in un un'unica opportuna matrice:

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{q}^{11} & \boldsymbol{q}^{12} & \cdots & \boldsymbol{q}^{1R} \\ \boldsymbol{q}^{21} & \boldsymbol{q}^{22} & \cdots & \boldsymbol{q}^{2R} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \boldsymbol{q}^{R1} & \boldsymbol{q}^{R2} & \cdots & \boldsymbol{q}^{RR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}^{11} & \mathbf{B}^{12} & \cdots & \mathbf{B}^{1R} \\ \mathbf{B}^{21} & \mathbf{B}^{22} & \cdots & \mathbf{B}^{2R} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \mathbf{B}^{R1} & \mathbf{B}^{R2} & \cdots & \mathbf{B}^{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{y}^{11} & \boldsymbol{y}^{12} & \cdots & \boldsymbol{y}^{1R} \\ \boldsymbol{y}^{21} & \boldsymbol{y}^{22} & \cdots & \boldsymbol{y}^{2R} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \boldsymbol{y}^{R1} & \boldsymbol{y}^{R2} & \cdots & \boldsymbol{y}^{RR} \end{bmatrix} \tag{14}$$

ovvero

$$\left[\boldsymbol{q}^{1} \cdots \boldsymbol{q}^{c} \cdots \boldsymbol{q}^{R}\right] = \left(\mathbf{I} - \mathbf{A}\right)^{-1} \left[\boldsymbol{f}^{1} \dots \boldsymbol{f}^{c} \dots \boldsymbol{f}^{R}\right] \tag{15}$$

$$\mathbf{Q} = \left(\mathbf{I} - \mathbf{A}\right)^{-1} \mathbf{F} \tag{16}$$

ove la matrice della produzione **Q** e quella della domanda finale **F** sono ora di dimensione $(NR \times R)$ con

$$\boldsymbol{q}^{c} = \sum_{s=1}^{R} \boldsymbol{q}^{cs} \quad \text{e} \quad \boldsymbol{y}^{c} = \sum_{s=1}^{R} \boldsymbol{y}^{cs}.$$

Se consideriamo la matrice diagonale $\hat{\boldsymbol{v}}$ con i coefficienti del valore aggiunto lungo la diagonale possiamo finalmente ricavare la matrice del valore aggiunto:

$$\hat{\boldsymbol{v}}\,\mathbf{BF} = \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{v}}^{1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \hat{\boldsymbol{v}}^{2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \hat{\boldsymbol{v}}^{R} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{q}^{11} & \boldsymbol{q}^{12} & \cdots & \boldsymbol{q}^{1R} \\ \boldsymbol{q}^{21} & \boldsymbol{q}^{22} & \cdots & \boldsymbol{q}^{2R} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \boldsymbol{q}^{R1} & \boldsymbol{q}^{R2} & \cdots & \boldsymbol{q}^{RR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{v}}^{1} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{1g} \boldsymbol{y}^{g1} \cdots \hat{\boldsymbol{v}}^{1} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{1g} \boldsymbol{y}^{gR} \\ \hat{\boldsymbol{v}}^{2} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{2g} \boldsymbol{y}^{g1} \cdots \hat{\boldsymbol{v}}^{2} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{2g} \boldsymbol{y}^{gR} \\ \vdots \qquad \cdots \qquad \vdots \\ \hat{\boldsymbol{v}}^{R} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{Rg} \boldsymbol{y}^{g1} \cdots \hat{\boldsymbol{v}}^{R} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{Rg} \boldsymbol{y}^{gR} \end{bmatrix} \tag{17}$$

Si tratta di una matrice a blocchi in cui quelli posti lungo la diagonale principale esprimono il valore aggiunto prodotto in un paese e dovuto alla domanda finale dello stesso. Ad esempio, il primo blocco in alto a sinistra mostra il valore aggiunto dei settori del primo paese attivato dalla sua domanda finale. Se ci spostiamo alla sua destra troveremo il valore aggiunto del primo paese generato dalla domanda finale del secondo e così via sino al valore aggiunto dovuto dalla domanda finale dell'*R*-esimo paese. Analogamente se ci muoviamo lungo la colonna dei blocchi troviamo il valore aggiunto generato in tutti gli stati ma generati dalla domanda finale del primo paese. In modo analogo si possono interpretare tutte le sottomatrici della (17).

Questa matrice del valore aggiunto fornisce dei saldi interessanti. Come detto, se sommiamo gli elementi lungo una riga otteniamo il valore aggiunto di un settore che appartiene ad un paese, mentre la somma degli elementi lungo una colonna è il valore aggiunto generato da una specifica domanda finale in tutti i settori di tutti i paesi. È quindi immediato calcolare le vendite all'estero ovvero le esportazioni da un paese ad un altro, diciamo da c ad s, in termini di valore aggiunto:

$$\boldsymbol{e}_{VA}^{cs} = \hat{\boldsymbol{v}}^{c} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{cg} \boldsymbol{y}^{gs} \tag{18}$$

come pure nel mondo:

$$\boldsymbol{m}_{VA}^{c} = \hat{\boldsymbol{v}}^{c} \sum_{s \neq c}^{R} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{cg} \boldsymbol{y}^{gs} \tag{19}$$

In modo perfettamente simmetrico si possono ottenere le importazioni di c da s e dal mondo:

$$\boldsymbol{e}_{VA}^{sc} = \hat{\boldsymbol{v}}^{s} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{sg} \boldsymbol{y}^{gc} \tag{20}$$

$$\boldsymbol{m}_{VA}^{c} = \hat{\boldsymbol{v}}^{s} \sum_{s \neq c}^{R} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{sg} \boldsymbol{y}^{gc} \tag{21}$$

Da queste è immediato ricavare il saldo commerciale bilaterale in termini di valore aggiunto:

$$\boldsymbol{t}_{VA}^{cs} = \boldsymbol{u}\,\hat{\boldsymbol{v}}^{c} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{cg} \boldsymbol{y}^{gs} - \boldsymbol{u}\,\hat{\boldsymbol{v}}^{s} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{sg} \boldsymbol{y}^{gc} \tag{22}$$

che differisce da quello usuale di contabilità nazionale che è invece espresso in termini lordi:

$$\boldsymbol{t}_{G}^{cs} = \boldsymbol{u}\left(\mathbf{A}^{cs} \boldsymbol{x}^{s} + \boldsymbol{y}^{cs}\right) - \boldsymbol{u}\left(\mathbf{A}^{sc} \boldsymbol{x}^{c} + \boldsymbol{y}^{sc}\right) \tag{23}$$

poiché quello bilaterale è dato da:

$$\boldsymbol{e}_{G}^{cs} = \mathbf{A}^{cs} \boldsymbol{x}^{cs} + \boldsymbol{y}^{cs} \tag{24}$$

L'osservazione che i valori del commercio bilaterale possano differire se misurati in termini lordi o netti (valore aggiunto) ha spinto a riconsiderare il saldo commerciale di alcuni paesi, come ad esempio quello tra la Cina e gli Stati Uniti, anche se è pur sempre verificata l'identità dei saldi lordi e netti di ogni paese:

$$\sum_{s=1}^{R} \boldsymbol{t}_{VA}^{cs} = \sum_{s=1}^{R} \boldsymbol{t}_{G}^{cs} \tag{25}$$

L'analisi qui svolta, che si basa sulla (17), è equivalente a quella nota in letteratura come *value added in trade* o *trade in factors*, che viene invece definita come il valore aggiunto contenuto nelle esportazioni e importazioni lorde (Trefler e Zhu, 2010). Quest'ultimo si ottiene applicando la matrice ottenuta dal prodotto della matrice diagonale dei coefficienti del valore aggiunto per l'inversa leonteffiana al vettore che contiene le importazioni lorde del generico paese c nonché il valore totale di tutte le esportazioni all'estero, ovvero $\boldsymbol{e}_G^{c} = \sum_{l \neq c}^{R} \boldsymbol{e}_G^{cl}$:

$$\begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{v}}^1 \mathbf{B}^{11} & \cdots & \hat{\boldsymbol{v}}^1 \mathbf{B}^{1c} & \cdots & \hat{\boldsymbol{v}}^1 \mathbf{B}^{1R} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hat{\boldsymbol{v}}^c \mathbf{B}^{c1} & \cdots & \hat{\boldsymbol{v}}^c \mathbf{B}^{cc} & \cdots & \hat{\boldsymbol{v}}^c \mathbf{B}^{cR} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hat{\boldsymbol{v}}^R \mathbf{B}^{R1} & \cdots & \hat{\boldsymbol{v}}^R \mathbf{B}^{Rc} & \cdots & \hat{\boldsymbol{v}}^R \mathbf{B}^{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\boldsymbol{e}_G^{1c} \\ \vdots \\ \sum_{l \neq c}^{R} \boldsymbol{e}_G^{cl} \\ \vdots \\ -\boldsymbol{e}_G^{Rc} \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} -\hat{\boldsymbol{v}}^1 \mathbf{B}^{11} \boldsymbol{e}_G^{1c} + \ldots + \hat{\boldsymbol{v}}^1 \mathbf{B}^{1c} \boldsymbol{e}_G^{c} + \ldots - \hat{\boldsymbol{v}}^1 \mathbf{B}^{1R} \boldsymbol{e}_G^{Rc} \\ \vdots \\ -\hat{\boldsymbol{v}}^c \mathbf{B}^{c1} \boldsymbol{e}_G^{1c} + \ldots + \hat{\boldsymbol{v}}^c \mathbf{B}^{cc} \boldsymbol{e}_G^{c} + \ldots - \hat{\boldsymbol{v}}^c \mathbf{B}^{cR} \boldsymbol{e}_G^{Rc} \\ \vdots \\ -\hat{\boldsymbol{v}}^R \mathbf{B}^{R1} \boldsymbol{e}_G^{1c} + \ldots + \hat{\boldsymbol{v}}^R \mathbf{B}^{Rc} \boldsymbol{e}_G^{c} + \ldots - \hat{\boldsymbol{v}}^R \mathbf{B}^{RR} \boldsymbol{e}_G^{Rc} \end{bmatrix} \tag{26}$$

In questo modo si ottiene un vettore che esprime proprio il valore aggiunto contenuto nel commercio (lordo) tra il paese c e gli altri. Kuboniwa (2014) dimostra ma in un sistema al massimo di tre paesi, che la funzione di trasferimento implicita nella (26) ammette un'unica soluzione per l'output che è esattamente pari a quello che si ricava dalla (12). In altre parole, il sistema Input/Output di riferimento con output, valore aggiunto e commercio internazionale lordo, da cui si ricavano le matrici ed i vettori espressi nella (26), è unico. Manca una dimostrazione per il caso generale con R paesi ma è intuibile che esiste una corrispondenza biunivoca, come verificato dalle numerose verifiche empiriche effettuate.

Stehrer (2012) propone un approccio diverso, noto come "*trade in value added*", in cui la domanda finale estera genera valore aggiunto locale secondo la:

$$\boldsymbol{e}_{VA}^{c} = \begin{bmatrix}0 \; \dots \; \hat{\boldsymbol{v}}^{c} \dots 0\end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{B}^{11} & \cdots & \mathbf{B}^{1R} \\ \mathbf{B}^{21} & \cdots & \mathbf{B}^{2R} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ \mathbf{B}^{R1} & \cdots & \mathbf{B}^{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{y}^{11} + \dots + \boldsymbol{y}^{1c\text{-}1} + 0 + \boldsymbol{y}^{1c+1} + \cdots \boldsymbol{y}^{1R} \\ \boldsymbol{y}^{21} + \dots + \boldsymbol{y}^{2c\text{-}1} + 0 + \boldsymbol{y}^{2c+1} + \cdots \boldsymbol{y}^{2R} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{R1} + \dots + \boldsymbol{y}^{Rc\text{-}1} + 0 + \boldsymbol{y}^{Rc+1} + \cdots \boldsymbol{y}^{RR} \end{bmatrix} \tag{27}$$

mentre le importazioni sono dovute alla domanda finale nazionale:

$$\boldsymbol{m}_{VA}^{c} = \begin{bmatrix}\hat{\boldsymbol{v}}^{1} \dots \hat{\boldsymbol{v}}^{c\text{-}1} \quad 0 \quad \hat{\boldsymbol{v}}^{c+1} \dots \hat{\boldsymbol{v}}^{R}\end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{B}^{11} & \cdots & \mathbf{B}^{1R} \\ \mathbf{B}^{21} & \cdots & \mathbf{B}^{2R} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ \mathbf{B}^{R1} & \cdots & \mathbf{B}^{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{y}^{1c} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{2c} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}^{Rc} \end{bmatrix} \tag{28}$$

Tuttavia, è immediato verificare che la (28) e la (19) sono equivalenti in quanto:

$$\boldsymbol{e}_{VA}^{c} = \begin{bmatrix}\hat{\boldsymbol{v}}^{c}\mathbf{B}^{c1} \dots \hat{\boldsymbol{v}}^{c}\mathbf{B}^{cc} \dots \hat{\boldsymbol{v}}^{c}\mathbf{B}^{cR}\end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum_{s \neq c}^{R} \boldsymbol{y}^{1s} \\ \sum_{s \neq c}^{R} \boldsymbol{y}^{2s} \\ \vdots \\ \sum_{s \neq c}^{R} \boldsymbol{y}^{1s} \end{bmatrix} =$$

$$= \hat{\boldsymbol{v}}^{c} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{cg} \sum_{s \neq c}^{R} \boldsymbol{y}^{gs} = \hat{\boldsymbol{v}}^{c} \sum_{s \neq c}^{R} \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{cg} \boldsymbol{y}^{gs} \tag{29}$$

Ovviamente, in questa impostazione i vettori dei coefficienti del valore aggiunto:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{v}_{D}^{c} &= \begin{bmatrix}0 \; \dots \; \boldsymbol{v}^{c} \; \dots \; 0\end{bmatrix} \\ \boldsymbol{v}_{E}^{c} &= \begin{bmatrix}\boldsymbol{v}^{1} \dots \boldsymbol{v}^{c\text{-}1} \quad 0 \quad \boldsymbol{v}^{c+1} \dots \boldsymbol{v}^{R}\end{bmatrix} \end{aligned} \tag{30}$$

e della domanda finale:

$$\boldsymbol{f}_{E}^{c} = \boldsymbol{f}^{1} + \dots + \boldsymbol{f}^{c\text{-}1} + \boldsymbol{f}^{c+1} + \cdots \boldsymbol{f}^{R} \tag{31}$$

sono tali per cui $\boldsymbol{v}^c = \boldsymbol{v}_D^c + \boldsymbol{v}_E^c$, $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{f}^c + \boldsymbol{f}_E^c$.

Nagengast e Stehrer (2016) definiscono le esportazioni in termini di valore aggiunto come:

$$\mathrm{VAX}^c = \boldsymbol{v}_D^c \mathbf{B}\boldsymbol{f}_E^c = \boldsymbol{u}\,\boldsymbol{e}_{VA}^c \tag{32}$$

che è anche pari al valore aggiunto del generico paese *c* assorbito dalla domanda finale estera. È quindi possibile definire in modo analogo le importazioni e quindi il saldo della bilancia commerciale:

$$\mathrm{VAM}^c = \boldsymbol{v}_E^c \mathbf{B}\boldsymbol{f}^c = \boldsymbol{u}\,\boldsymbol{m}_{VA}^c \tag{33}$$

$$\boldsymbol{t}_{VA}^c = \boldsymbol{e}_{VA}^c - \boldsymbol{m}_{VA}^c = \boldsymbol{v}_D^c\mathbf{B}\boldsymbol{f}_E^c - \boldsymbol{v}_E^c\mathbf{B}\boldsymbol{f}^c = \boldsymbol{v}_D^c\boldsymbol{x} - \boldsymbol{v}\,\mathbf{B}\boldsymbol{f}^c = GDP^c - \boldsymbol{u}\,\boldsymbol{f}^c = NX^c \tag{34}$$

È evidente che abbiamo ritrovato anche in questo caso la ben nota identità di contabilità nazionale. In questa impostazione è facile ricavare anche il valore del commercio bilaterale in termini di valore aggiunto:

$$\boldsymbol{t}_{VA}^{cs} = \boldsymbol{v}_D^c\mathbf{B}\boldsymbol{f}^s - \boldsymbol{v}_D^s\mathbf{B}\boldsymbol{f}^c \tag{35}$$

che è il corrispettivo della (22).

In conclusione, possiamo affermare che il pregio principale della letteratura che ha preso in esame il valore aggiunto degli scambi commerciali è quello di aver messo in evidenza come le misure tradizionali basate sui valori lordi possano essere fuorvianti poiché includono parte della produzione che non è stata realizzata nel paese ma semplicemente importata da altri paesi. Se il saldo totale di un paese non differisce quando vien calcolato a valori lordi o netti, quelli bilaterali possono essere fortemente distorti e provocare l'impressione di una forte deficit o surplus commerciale verso alcune aree territoriali. In modo simile, gli spillover di R&S possono non essere accuratamente misurati se imputati in modo non corretto a chi effettivamente ha realizzato l'attività di ricerca e la prossima sezione cercherà di indagare questo aspetto.

4. Una sintesi tra gli approcci

La sezione precedente si basa su Gregori (2016), che nota la sostanziale somiglianza tra gli approcci per l'analisi del commercio internazionale in termini di valore aggiunto e quello mediante subsistemi. Infatti, le proposte precedenti si rifanno a delle versioni particolari del modello sraffiano:

$$\mathbf{V} = [v_{ij}^{cs}] = \hat{\boldsymbol{v}}\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}\right)^{-1}\hat{\boldsymbol{y}} = \begin{bmatrix} \hat{v}^{1}\mathbf{B}^{11}\hat{\boldsymbol{y}}^{1} & \cdots & \hat{v}^{1}\mathbf{B}^{1c}\hat{\boldsymbol{y}}^{c} & \cdots & \hat{v}^{1}\mathbf{B}^{1R}\hat{\boldsymbol{y}}^{R} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hat{v}^{c}\mathbf{B}^{c1}\hat{\boldsymbol{y}}^{1} & \cdots & \hat{v}^{c}\mathbf{B}^{cc}\hat{\boldsymbol{y}}^{c} & \cdots & \hat{v}^{c}\mathbf{B}^{cR}\hat{\boldsymbol{y}}^{R} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hat{v}^{R}\mathbf{B}^{R1}\hat{\boldsymbol{y}}^{1} & \cdots & \hat{v}^{R}\mathbf{B}^{Rc}\hat{\boldsymbol{y}}^{c} & \cdots & \hat{v}^{R}\mathbf{B}^{RR}\hat{\boldsymbol{y}}^{R} \end{bmatrix} \quad (36)$$

che ha pure il vantaggio di non essere influenzata dalle variazioni dei prezzi (Rampa, 1982, Momigliano e Siniscalco, 1982), se accettiamo la cosiddetta *double deflation*, in quanto:

$$\boldsymbol{V} = \hat{\boldsymbol{v}}^{-1}\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}\right)^{-1}\hat{\boldsymbol{y}} = \left(\hat{\bar{\boldsymbol{v}}}^{-1}\hat{\boldsymbol{p}}^{-1}\right)\left(\mathbf{I}-\hat{\boldsymbol{p}}\,\bar{\mathrm{A}}\,\hat{\boldsymbol{p}}^{-1}\right)\left(\hat{\boldsymbol{p}}\,\hat{\bar{\boldsymbol{y}}}\right) = \left(\hat{\bar{\boldsymbol{v}}}^{-1}\right)\left(\mathbf{I}-\bar{\mathrm{A}}\right)^{-1}\left(\hat{\bar{\boldsymbol{y}}}\right) \quad (37)$$

ove i valori soprassegnati da una barra indicano le quantità fisiche.

Conviene allora considerare nuovamente la matrice relativa all'R&S di tutti i paesi considerati:

$$\mathbf{R} = [r_{ij}^{cs}] = \hat{\boldsymbol{r}}\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}\right)^{-1}\hat{\boldsymbol{y}} = \begin{bmatrix} \hat{r}^{1}\mathbf{B}^{11}\hat{\boldsymbol{y}}^{1} & \cdots & \hat{r}^{1}\mathbf{B}^{1c}\hat{\boldsymbol{y}}^{c} & \cdots & \hat{r}^{1}\mathbf{B}^{1R}\hat{\boldsymbol{y}}^{R} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hat{r}^{c}\mathbf{B}^{c1}\hat{\boldsymbol{y}}^{1} & \cdots & \hat{r}^{c}\mathbf{B}^{cc}\hat{\boldsymbol{y}}^{c} & \cdots & \hat{r}^{c}\mathbf{B}^{cR}\hat{\boldsymbol{y}}^{R} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hat{r}^{R}\mathbf{B}^{R1}\hat{\boldsymbol{y}}^{1} & \cdots & \hat{r}^{R}\mathbf{B}^{Rc}\hat{\boldsymbol{y}}^{c} & \cdots & \hat{r}^{R}\mathbf{B}^{RR}\hat{\boldsymbol{y}}^{R} \end{bmatrix} \quad (38)$$

da cui trarre alcuni indicatori già proposti in letteratura con riferimento ad un unico sistema economico. Abbiamo già detto che gli elementi lungo la diagonale $\left(r_{ij}^{ll}\right)$ sono ritenuti essere una *proxy* dell'innovazione di processo, ovvero effettuata all'interno di ogni settore (Scherer, 1982; Schnabl, 1994). Inoltre, possiamo prendere in esame il dato di partenza per costruire la matrice diagonale dei coefficienti di ricerca ovvero l'attività svolta all'interno di ogni settore di un qualunque paese in termini di spesa o di addetti. Abbiamo anche detto che, per costruzione, questa è anche pari alla somma di tutti gli elementi posti lungo la relativa riga della matrice **R** ovvero $\left(r_{i.}^{l.} = \sum_k \sum_j r_{ij}^{lk}\right)$. Quindi si può calcolare la percentuale di R&S che, per Marengo e Sterlacchini (1990), viene trasferita direttamente o indirettamente agli altri settori:

$$\alpha_i^l = \frac{r_{i.}^{l.} - r_{ii}^{ll}}{r_{i.}^{l.}} \quad (39)$$

In realtà, si tratta della quota di R&S attivata nell'i-esimo settore da tutte le altre domande finali degli altri settori nazionali ed esteri. Se ci focalizziamo esclusivamente su questi ultimi possiamo ricavare anche un ulteriore indicatore che può essere utilizzato per misurare anche quali nazioni contribuiscono di più alla generazione di innovazione. Infatti, è possibile specializzare la (39):

$$\alpha_i^{lk} = \frac{\sum_j r_{ij}^{lk} - r_{ii}^{ll}}{\sum_j r_{ij}^{lk}} \tag{40}$$

ed ottenere un ranking tra i diversi paesi.

Un'altra misura proposta da Marengo e Sterlacchini (1990) può essere fornita dalla R&S catturato in ogni subsistema ovvero:

$$r_{.j}^{l.} = \sum_k \sum_i r_{ij}^{lk} \tag{41}$$

Questo indice può essere utilizzato per esprimere la percentuale di R&S in ogni subsistema che viene acquisita dagli altri settori al netto dell'innovazione di processo:

$$\beta_j^{l} = \frac{r_{.j}^{l.} - r_{ii}^{ll}}{r_{.j}^{l.}} \tag{42}$$

Anche in questo caso possiamo dettagliare l'indicatore a livello di paese:

$$\beta_j^{lk} = \frac{\sum_j r_{ij}^{lk} - r_{ii}^{ll}}{\sum_j r_{ij}^{lk}} \tag{43}$$

e vedere in quale nazione la domanda finale della j-esima branca del paese l-esimo ha un impatto maggiore.

Una sintesi delle misure proposte permette pure di distinguere tra industrie che sono autonome o dipendenti dalla ricerca altrui. Questa discriminazione tra settori tecnologicamente dipendenti ed industrie in cui l'R&S è pervasivo si basa sulla:

$$\delta_i^{l} = \frac{r_{.j}^{l.} - r_{ii}^{ll}}{r_{.i}^{l.}} \tag{44}$$

Secondo Marengo e Sterlacchini (1990) si tratta del rapporto tra gli acquisiti netti ed i trasferimenti di R&S o più correttamente tra quelli che sono maggiormente attivati dalla domanda esterna e quelli che attivano gli altri settori. A tale proposito possiamo utilizzare la tassonomia suggerita da Montresor (1994), che definisce i settori con elevata pervasività in termini di R&S come quelli che presentano un valore di δ_i^l inferiore a 0.2, mentre per $0.2 < \delta_i^l < 1$ le industrie sono debolmente pervasive. Per valori elevati dell'indice, ovvero con $\delta_i^l > 3$, i settori sono fortemente dipendenti ovvero debolmente dipendenti se $1 < \delta_i^l < 3$.

I collegamenti e gli effetti netti con gli altri paesi si possono cogliere meglio se facciamo riferimento all'approccio che ha analizzato il ruolo del valore aggiunto nel commercio internazionale. Partiamo con l'esaminare l'approccio del *trade in value added*. In questo caso, possiamo ottenere una misura che ci indica quanto l'innovazione dipenda dalla domanda estera sulla base della:

$$\begin{bmatrix} 0 \; \dots \; \hat{r}^{c} \; \dots \; 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{B}^{11} & \cdots & \mathbf{B}^{1R} \\ \mathbf{B}^{21} & \cdots & \mathbf{B}^{2R} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ \mathbf{B}^{R1} & \cdots & \mathbf{B}^{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum_{i \neq c} y^{1i} \\ \sum_{i \neq c} y^{2i} \\ \vdots \\ \sum_{i \neq c} y^{Ri} \end{bmatrix} \tag{45}$$

Si tratta evidentemente di una matrice (NR×R) vuota eccetto che per i settori del paese sotto indagine, in questo caso il c-esimo. Se ci soffermiamo sulla matrice (N×R) notiamo che la (45) mostra come la domanda di beni finali degli altri paesi si è riversata in quest'ultimo attivando produzione e ricerca. Si tratta di un approccio diverso da quello utilizzato sopra per definire gli indicatori (39)-(44), in quanto esclude la domanda interna, ma che permette comunque di ricavare un ranking tra i paesi che attivano la ricerca nei diversi settori del paese c-esimo. Si tratta di un'informazione che può essere utilizzata congiuntamente con l'indice (39).

In modo simmetrico si possono analizzare gli effetti all'estero, relativamente all'R&S, dovuti alla domanda finale nazionale. In questo caso il modello diviene:

$$\begin{bmatrix} \hat{r}^{1} \; \dots \; \hat{r}^{c-1} \;\; 0 \;\; \hat{r}^{c+1} \; \dots \; \hat{r}^{R} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{B}^{11} & \cdots & \mathbf{B}^{1R} \\ \mathbf{B}^{21} & \cdots & \mathbf{B}^{2R} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ \mathbf{B}^{R1} & \cdots & \mathbf{B}^{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y^{1c} \\ y^{2c} \\ \vdots \\ y^{Rc} \end{bmatrix} \tag{46}$$

Anche qui abbiamo una matrice di dimensione (NR×R) ma vuota solo con riferimento al paese di cui prendiamo in considerazione la domanda finale. I valori ottenuti possono anche in questo caso essere utilmente confrontati con quelli forniti dalla (43). Infine, possiamo pure calcolare il saldo della ricerca attivata tra il paese c-esimo e quello s-esimo sulla base della:

$$\boldsymbol{t}_{RD}^{cs} = \boldsymbol{r}_D^c \mathbf{B} \boldsymbol{f}^s - \boldsymbol{r}_D^s \mathbf{B} \boldsymbol{f}^c \tag{47}$$

con $\boldsymbol{r}_D^c = [0 \; \ldots \; \boldsymbol{r}^c \; \ldots \; 0]$, $\boldsymbol{r}_D^s = [0 \; \ldots \; \boldsymbol{r}^s \; \ldots \; 0]$, alla stregua di quanto esposto in precedenza con riferimento alla (35). Se il saldo è positivo allora la domanda finale del paese *s*-esimo ha attivato più ricerca in quello *c*-esimo di quanto avviene nella direzione opposta, viceversa se il saldo è negativo. Ovviamente tale analisi può essere fatta anche a livello settoriale.

Ovviamente le (45)-(46) vanno replicate per tutti i paesi considerati e quindi generano un sistema ($NR{\times}NR$) ovvero della stessa dimensione di quello considerato dalla (38). A questo proposito appare più opportuno prendere in esame l'approccio equivalente al *value added in trade* proposto da Johnson e Noguera (2012) per ricavare il seguente sistema:

$$\hat{\boldsymbol{r}}\,\mathbf{BF} = \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{r}}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \hat{\boldsymbol{r}}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \hat{\boldsymbol{r}}^R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{q}^{11} & \boldsymbol{q}^{12} & \cdots & \boldsymbol{q}^{1R} \\ \boldsymbol{q}^{21} & \boldsymbol{q}^{22} & \cdots & \boldsymbol{q}^{2R} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \boldsymbol{q}^{R1} & \boldsymbol{q}^{R2} & \cdots & \boldsymbol{q}^{RR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{r}}^1 \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{1g} \boldsymbol{y}^{g1} & \cdots & \hat{\boldsymbol{r}}^1 \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{1g} \boldsymbol{y}^{gR} \\ \hat{\boldsymbol{r}}^2 \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{2g} \boldsymbol{y}^{g1} & \cdots & \hat{\boldsymbol{r}}^2 \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{2g} \boldsymbol{y}^{gR} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ \hat{\boldsymbol{r}}^R \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{Rg} \boldsymbol{y}^{g1} & \cdots & \hat{\boldsymbol{r}}^R \sum_{g=1}^{R} \mathbf{B}^{Rg} \boldsymbol{y}^{gR} \end{bmatrix} \tag{48}$$

Si tratta ancora di una matrice a blocchi costituiti però da vettori di dimensione ($NR{\times}R$). I vettori posti lungo la diagonale esprimono la ricerca prodotta in un paese e dovuta alla domanda finale dello stesso, mentre i vettori al di sopra e/o al di sotto di questo mostrano l'R&S generata al di fuori di quella nazione. Consideriamo, ad esempio, l'insieme di vettori posti lungo la prima colonna. Il primo vettore, di dimensione ($N{\times}1$), esprime la ricerca generata dalla domanda finale del primo paese. Quello posto immediatamente al di sotto, sempre di dimensione ($N{\times}1$), individua la ricerca realizzata nel secondo paese, ma sempre dovuta alla domanda finale del primo, e quindi a seguire in tutti gli altri paesi sino all'*R*-esimo. Lo stesso ragionamento vale per la seconda colonna della (48) che esprime la ricerca generata dalla domanda finale del secondo paese e così via sino all'ultima colonna, che è in funzione della domanda finale del paese *R*-esimo.

La matrice individuata dalla (48) può essere letta per righe o per colonne. Come in precedenza, dal ranking degli elementi posti sulla prima riga ricaviamo l'informazione su quale domanda finale aumenta di più l'R&S realizzato nel primo settore del primo paese. Al contrario, la lettura per colonna della (48) rivela dove la domanda finale del primo settore del primo paese impatta di più a livello settoriale e mondiale. La diversità con l'approccio del *trade in value added* risiede nel fatto che ora consideriamo tutte le domande finali contemporaneamente così come fatto con l'analisi per subsistemi. In ultima analisi, quest'ultimo appare preferibile perché essendo più ampio permette di ottenere come caso particolare tutte le informazioni fornite dall'analisi speculare al *value added in trade*.

5. Conclusioni

In questo lavoro abbiamo confrontato due approcci che sebbene apparentemente distanti sono in realtà strettamente collegati tra loro. Il primo ha preso in esame i sistemi nazionali di innovazione allo scopo di evidenziare quali settori siano particolarmente rilevanti in termini di R&S. La metodologia utilizzata è del tipo *demand driven*, ovvero basata sulle matrici Input/Output. In sintesi, l'attività in R&S è il risultato di una spinta che nasce dalla domanda di beni e servizi, prodotti dalle diverse branche settoriali in cui si articola il sistema economico. L'ampia letteratura sorta alla fine del secolo scorso ha evidenziato i settori, in contesti nazionali e regionali, che sono più pervasivi ai flussi di innovazione e ricerca.

Il secondo approccio si è affermato invece più recentemente in letteratura, con riferimento al commercio internazionale. Esso si basa sull'uso di informazioni sul commercio intersettoriale in un mondo sempre più integrato dal punto di vista produttivo. Infatti, le usuali misure sul commercio bilaterale, desunte dalle importazioni ed esportazioni lorde, possono risultare fuorvianti se molti degli input intermedi sono prodotti all'estero, così come realizzato dalle *Global Supply Chains*. Ciò ha portato all'elaborazioni di modelli, anch'essi basati sulle matrici Input/Output a livello internazionale, che forniscono una valutazione dei flussi del commercio internazionale in termini di valore aggiunto.

In realtà, entrambi gli approcci descritti si basano sulla nozione di subsistema introdotta da Sraffa (1960). Il nostro contributo ha il pregio di evidenziare le somiglianze tra le due impostazioni e mostrare come alcuni degli indicatori di innovazione possano essere estesi anche ad un'analisi di tipo internazionale. In particolare appare utile l'impostazione del *trade in value added* per calcolare i saldi dei flussi di innovazione tra due paesi e per verificare anche la loro dipendenza in termini di R&S. Resta comunque evidente come i cardini del modello siano la nozione di settore verticalmente integrato e la formulazione fornita da Momigliano e Siniscalco (1980) per analizzare quale domanda finale spinge l'innovazione incorporata nei prodotti anche a livello internazionale.

Ricordiamo infine che sono disponibili diverse banche dati che forniscono tavole Input/Output multinazionali. Tra quelle più usate ricordiamo il sistema

WIOD che si focalizza sull'Europa (Dietzenbacher *et al*., 2013), il progetto EORA (Lenzen *et al*., 2013) e le tavole redatte dall'OCSE per i paesi industrializzati. Un limite di queste banche dati è che esse non contengono dati esaustivi su R&S. Se infatti queste tavole fossero integrate da informazioni sull'innovazione si potrebbero utilmente analizzare le relazioni di interdipendenza innovativa tra i paesi maggiormente industrializzati. In merito a quest'ultimo punto lasciamo aperta l'agenda ad ulteriori ricerche future.

Riferimenti bibliografici

Acs, Z. J., Audretsch, D. B., Lehmann, E. E., Licht, G. (2017). National systems of innovation. The *Journal of Technology Transfer*, 42(5), 997-1008.

Bernstein, J. I. (1989). The structure of Canadian inter-industry R & D spillovers, and the rates of return to R & D. *The Journal of Industrial Economics*, 315-328.

Cainelli, G., Mazzanti, M., Montresor, S. (2012). Environmental innovations, local networks and internationalization. *Industry and Innovation*, 19(8), 697-734.

Ciriaci, D., Montresor, S., Palma, D. (2015). Do KIBS make manufacturing more innovative? An empirical investigation of four European countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 95, 135-151.

DeBresson, C., Sirilli, G., Hu, X., Luk, F. K. (1994). Structure and location of innovative activity in the Italian economy, 1981-85. *Economic Systems Research*, 6(2), 135-158.

DeBresson, C. (1996). *Economic Interdependence and Innovative Activity: An I/O Analysis*. Cheltenham, Edward Elgar.

Dietzenbacher, E. (2000). Spillovers of innovation effects. *Journal of Policy Modelling*, 22(1), 27-42.

Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R., Timmer, M., de Vries, G. (2013). The Construction of World Input-Output Tables in the WIOD Project. *Economic Systems Research*, 25(1), 71-98.

Drejer, I. (2000). Comparing Patterns of Industrial Interdependence in National Systems of Innovation – A Study of Germany, the United Kingdom, Japan and the United States. *Economic Systems Research*, 12, 377-399.

Economic System Research (1997). Special issue: *Intersectoral spillover*, 9 (2).

Edquist, C. (a cura di) (1997). *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organisations*. Pinter, London.

Harada, T. (2016). Estimating innovation input-output matrix and innovation linkages in the East Asian region and the USA. *Journal of Economic Structures*, 5(1), 9.

Gregori, T. (2016). *International Value Added Trade: a subsystem approach*. Paper presentato alla 57th annual conference SIE, Milano.

Gregori, T., Schachter, G. (1999). Assessing aggregate structural change. *Economic Systems Research*, 11(1), 67-82.

Johnson, R. C., Noguera, G. (2012). Accounting for Intermediates: Production Sharing and Trade in Value Added. *Journal of International Economics*, 86(2), 224-36.

Kay, L., Youtie, J., Shapira, P. (2016). Inter-industry knowledge flows and sectoral networks in the economy of Malaysia. *Knowledge Management Research & Practice*, 14(3), 280-294.

Koopman, R., Wang, Z., Wei, Z. (2014). Tracing Value-Added and Double Counting in Gross Exports. *American Economic Review*, 104(2), 459-94.

Kostova, T., Beugelsdijk, S., Scott, W. R., Kunst, V. E., Chua, C. H., van Essen, M. (2019). The construct of institutional distance through the lens of different institutional perspectives: Review, analysis, and recommendations. *Journal of International Business Studies*, 1-31.

Kuboniwa, M. (2014). Bilateral Equivalence between Trade in Value-Added and Value-Added Content of Trade. *IER Discussion Paper Series A.601*, Institute of Economic Research, Hitotsubashi University, Tokyo, Japan.

Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Geschke, A. (2013). Building Eora: a global multi-region input-output database at high country and sector resolution. *Economic Systems Research*, 25(1), 20-49.

Leoncini, R., Maggioni, M.A., Montresor, S. (1996). Intersectoral Innovation Flows and National Technological Systems: Network Analysis for Comparing Italy and Germany. *Research Policy*, 25, 415-430.

Malerba, F. (1993). The national system of innovation: Italy, in Nelson, R. R. (ed.), *National innovation systems: a comparative analysis*, Oxford Un. Press, New York.

Marengo, L., Sterlacchini, A. (1990). Intersectoral technology flows. Methodological aspects and empirical applications. *Metroeconomica*, 41, 19-39.

Miller, R.E., Blair, P.D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, Cambridge University press, Cambridge.

Momigliano, F., Siniscalco, D. (1982). The growth of service employment: a reappraisal. *BNL Quarterly Review*, 142, 269-306.

Momigliano, F., Siniscalco, D. (1984). Technology and international specialization. *BNL Quarterly Review*, 150, 257-84.

Montresor, S. (1994). Sistemi nazionali di innovazione italiano e tedesco. *L'industria*, 3, 457-502.

Nelson, R. R. (ed.) (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford University Press, Oxford.

Nagengast, A. J., Stehrer, R. (2016). The Great Collapse in Value Added Trade. *Review of International Economics*, 24(2), 392-421.

Pasinetti, L.L. (1973). The notion of vertical integration in economic analysis. *Metroeconomica*, 25(1), 1-29.

Pavitt, K. (1984). Sectoral pattern of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, 343-73.

Robson, M., Townsend, J., Pavitt, K. (1988). Sectoral pattern of production and use of innovation in UK:1945-1983. *Research Policy*, 17, 1-14.

Schütz, M. H. (2017). Australia's regional innovation systems: inter-industry interaction in innovative activities in three Australian territories. *Economic Systems Research*, 29(3), 357-384.

Scherer, F. M. (1982). Inter-industry technology flows in the United States. *Research Policy*, 11, 227-45.

Schnabl, H. (1994). The Evolution of Production Structures, Analyzed by A Multi-Layer Procedure. *Economic Systems Research*, 6, 51-68.

Schnabl, H. (1995). The Subsytem-MFA: a qualitative method for analyzing national innovation systems – the case of Germany. *Economic Systems Research*, 4, 383-96.

Sraffa, P. (1960). *Production of commodities by means of commodities*, Cambridge University Press, Cambridge.

Stehrer, R. (2012). Trade in Value Added and the Value Added in Trade. *Wiiw Working Paper, Nr. 81*, The Vienna Institute for International Economic Studies, Vienna.

Trefler, D., Zhu, S. (2010). The Structure of Factor Content Predictions. *Journal of International Economics*, 82(2), 195-207.

Wolff, E. N., Nadiri, I.M. (1993). Spillover effects, linkage structure, and research and development. *Structural Change and Economic Dynamics*, 4(2), 315-331.