PRODUCTIVITY AND THE DENSITY OF ECONOMIC ACTIVITY

Antonio Ciccone; Robert E. Hall

Andrea Petrini

OBIETTIVO

- Osservare i dati sulla dimensione spaziale delle ***esternalità*** e dei ***rendimenti crescenti*** per esaminare come si relazionano con le differenze nella produttività media del lavoro;

- Per fare questo vengono sviluppati due modelli, il primo basato sulle ***esternalità geografiche locali*** e il secondo sulla ***varietà dei servizi intermedi locali***, dove la densità spaziale dell'attività economica è la fonte dei rendimenti crescenti in aggregato.

- La ***densità*** è intesa come intensità di lavoro, capitale umano e fisico relativi allo spazio fisico;

- Essa condiziona la ***produttività*** in svariati modi.

RISULTATI

- Il ***capitale*** giustifica molte delle differenze nella produttività tra gli stati degli U.S. ma non spiega tutte le variazioni;

- La ***stima*** del nostro modello di rendimenti crescenti a livello locale rivela che la densità dell’attività economica nelle contee è cruciale per la determinazione delle variazioni di produttività a livello statale.

STRUTTURA DEL PAPER

1) Letteratura correlata;
2) Sviluppo dei modelli;
3) Equilibrio;
4) Dati;
5) Identificazione e stima;
6) Risultati;
7) Estensioni.

MODELLI

A. Rendimenti crescenti da esternalità;
B. Rendimenti crescenti da una più grande varietà di prodotti intermedi nelle aree più dense;
C. Capitale e produttività totale dei fattori.

RENDIMENTI CRESCENTI DA ESTERNALITA’

- Il ***modello*** basato sulle esternalità viene sviluppato per mostrare come la densità condiziona la produttività e per aggregare le varie unità produttive;
- La ***funzione di produzione*** descrive l’output prodotto in un acre di spazio occupando “n” lavoratori;

$$f(n, q, a) = n^{\alpha}\left(\frac{q}{a}\right)^{(\lambda-1)/\lambda}. \tag{1}$$

- L'output totale nella contea c è pari a:

$$q_c = a_c(n_c/\, a_c)^{\alpha}(q_c/a_c)^{(\lambda-1)/\lambda}$$

- Risolvendo l'equazione per l'output ottengo la tecnologia comune a livello di contea

$$\frac{q_c}{a_c} = \left(\frac{n_c}{a_c}\right)^{\gamma}. \tag{2}$$

Dove $\gamma = \alpha\lambda$, con $\boldsymbol{\alpha}$ che corrisponde all'elasticità di produzione (e misura l'effetto di congestione) e $\boldsymbol{\lambda}$ che corrisponde all'elasticità dell'esternalità (e misura di agglomerazione)

- Ora aggreghiamo a ***livello statale***

C_s è il set di contee nello stato ***s***;

$Q_s = \Sigma_{c \in C_s} n_c^{\gamma} a_c^{-(\gamma-1)}$ è l'output totale dello stato ***s***;

Quindi la produttività media del lavoro nello stato è pari a:

$$\boxed{(3) \quad \frac{Q_s}{N_s} = \frac{\sum_{c \in C_s} n_c^{\gamma} a_c^{-(\gamma-1)}}{N_s},}$$

Dove N_s è il numero di lavoratori nello stato ***s***;

- Definiamo ora l'indice di ***densità dei fattori***:

$$(4) \qquad D_s(\gamma) = \frac{\sum_{c \in C_s} n_c^{\gamma} a_c^{-(\gamma-1)}}{N_s}.$$

- sia d_c l'occupazione per acre nella contea ***c***, D_s l'occupazione per acre nello stato ***s*** e D quella per acre negli Stati Uniti, abbiamo che:

$$(5) \qquad D_s(\gamma) = D^{\gamma-1}\left(\frac{D_s}{D}\right)^{\gamma-1} \frac{\sum_{c \in C_s} n_c \left(\frac{d_c}{D_s}\right)^{\gamma-1}}{N_s}.$$

RENDIMENTI CRESCENTI DA UNA PIU' GRANDE VARIETA' DI PRODOTTI INTERMEDI NELLE AREE PIU' DENSE

- Il modello ipotizza ***rendimenti crescenti*** nella produzione locale di beni intermedi;
- La ***funzione di produzione*** dei beni finali su un acre di terra è pari a:

$$(6) \qquad f(m, i) = [m^{\beta} i^{(1-\beta)}]^{\alpha};$$

Dove ***m*** è l'ammontare di lavoro, ***i*** è l'ammontare di servizio composito, ***α*** descrive i rendimenti decrescenti (effetto di congestione) e ***β*** è un parametro di distribuzione che misura l'effetto di agglomerazione.

- Il servizio composito ***i*** è prodotto da un servizio individuale differenziato, x(t), indicizzato a t, in base ad una funzione di produzione con elasticità di sostituzione costante

$$(7) \qquad i = \left(\int_0^z x(t)^{1/\mu}\, dt \right)^{\mu}.$$

Dove ***z*** descrive la varietà di prodotti intermedi e il parametro ***μ>1*** ne controlla la sostituibilità

- Assumiamo che siano necessarie ***(x+v)*** unità di lavoro per produrre ***x***. Se il lavoro viene pagato ***w***, il produttore imporrà un prezzo di ***λw*** e otterrà un profitto pari a ***[(μ-1)wx – wv]***
- Imponendo la condizione di libertà di entrata otterremo un ***livello di output*** pari a:

$$(8) \qquad x = \frac{v}{\mu - 1}.$$

- Impostando l'equazione (8) per tutti gli ***input*** otteniamo:

$$(9) \qquad i = z^{\mu} x .$$

- La produttività del processo è pari a $z^{\mu-1}$ e poiché ***μ>1***, la produttività aumenterà al crescere delle varietà disponibili. Le zone più dense hanno maggiori varietà poiché un maggior numero di produttori di servizi intermedi può raggiungere il punto di pareggio di bilancio. Il risultato è una relazione positiva tra densità e produttività.

- La quota di output finale pagato al lavoro impiegato direttamente è ***αβ*** , quindi ***wm*** è pari a ***αβ f(m,i)*** mentre la quota pagata alla terra è ***(1-α)***; ***wn*** è uguale ad ***α f(m,i).***

- Combinando queste relazioni otteniamo che l'allocazione di equilibrio del lavoro direttamente impiegato nella produzione di beni finali è governato da un ***parametro***

$$(10) \qquad m = \beta n.$$

- Risolvendo per le varietà otteniamo

$$(11) \qquad z = (1 - \beta) \frac{\mu - 1}{\mu} \frac{n}{v}.$$

- Ora inseriamo il valore di equilibrio di ***z*** nell’equazione (9) per determinare ***i*** e ***m*** e ***i*** nella funzione di produzione dei beni finali per ottenere:

$$(12) \qquad \phi n^{\gamma}.$$

- ***L’elasticità della funzione di produzione*** è:

$$(13) \qquad \gamma = \alpha[1 + (1 - \beta)(\mu - 1)].$$

- Se normalizziamo la misura delle quantità affinchè ***ϕ=1*** e assumiamo che il lavoro sia uniformemente distribuito tra gli acri di una contea otteniamo la funzione di produzione della contea :

$$(14) \qquad \frac{q_c}{a_c} = \left(\frac{n_c}{a_c}\right)^{\gamma}.$$

CAPITALE E PRODUTTIVITA' TOTALE DEI FATTORI

- Sia la ***funzione di produzione***:

$$(15) \quad A_s[(e_c n_c)^{\beta} k_c^{1-\beta}]^{\alpha} \left(\frac{q_c}{a_c} \right)^{(\lambda-1)/\lambda},$$

Dove e_c è una misura di efficienza del lavoro a livello di contea;

- ***L'output totale*** della contea c è:

$$(16) \quad q_c = a_c A_s \left[\left(\frac{e_c n_c}{a_c} \right)^{\beta} \left(\frac{k_c}{a_c} \right)^{1-\beta} \right]^{\alpha} \langle \left[\frac{q_c}{a_c} \right]^{(\lambda-1)/\lambda}.$$

- Risolvendo per l'output per acre otteniamo

$$(17) \qquad \frac{q_c}{a_c} = A_s^{\lambda}\left[\left(\frac{e_c n_c}{a_c}\right)^{\beta}\left(\frac{k_c}{a_c}\right)^{1-\beta}\right]^{\gamma}.$$

- Usiamo la funzione di domanda dei fattori per sostituire il prezzo del fattore alla quantità del fattore

$$(18) \qquad \frac{k_c}{a_c} = \frac{\alpha(1-\beta)}{r}\frac{q_c}{a_c}.$$

- La ***tecnologia*** della contea diventa

$$(19) \qquad \frac{q_c}{a_c} = \phi A_s^{\omega}\left(\frac{e_c n_c}{a_c}\right)^{\theta}$$

dove **ϕ** è una costante che dipende dal tasso di interesse e l'elasticità per il moltiplicatore della tecnologia e per il lavoro della contea sono rispettivamente

$$(21) \qquad \omega \equiv \frac{\theta}{\alpha\beta}.$$

$$(20) \qquad \theta \equiv \frac{\gamma\beta}{1-\gamma(1-\beta)}$$

- Assumiamo che l'efficienza del lavoro dipenda dalla media degli anni di scolarizzazione dei lavoratori, $e_c = h_c^{\eta}$, dove ***η*** è l'elasticità dell'educazione. Usando questa relazione nell'equazione (19) e aggregando a livello statale otteniamo

$$\frac{Q_s}{N_s} = \phi A_s^{\omega} D_s(\theta, \eta) \tag{22}$$

Con

$$D_s(\theta, \eta) = \frac{\sum_{c \in C_s} (n_c h_c^{\eta})^{\theta} a_c^{1-\theta}}{N_s}. \tag{23}$$

- Utilizzando alcune specificazioni stocastiche e ponendo in logaritmo l'equazione (22) otteniamo

$$\text{(24)} \qquad \log \frac{Q_s}{N_s} = \log \phi + \log D_s(\theta, \eta) + u_s .$$

EQUILIBRIO

- Come è possibile un equilibrio caratterizzato da differenti densità? La questione si pone quando ***ϑ è maggiore di 1***;
- Sotto assunzioni di tipo neoclassico, la densità dovrebbe essere uguale ovunque;
- L'unico ***equilibrio*** possibile per l'occupazione è quello di concentrazione in un'unica contea;
- La risposta più realistica è che i lavoratori preferiscono vivere in aree che risultano meno dense.

DATI

- I ***dati*** che occorrono per le stime sono disponibili per il 1988 e coprono i soli lavoratori dipendenti;
- La misura dell'output a livello statale utilizzata è il ***GSP*** al netto dei redditi dei titolari e delle imposte indirette;
- I dati relativi all'educazione provengono da due fonti: a ***livello statale*** si utilizza il rapporto tra anni di scolarizzazione dei lavoratori e numero di ore lavorate nel 1988; a ***livello di contea*** viene utilizzata la media degli anni di scolarizzazione.

IDENTIFICAZIONE E STIMA

- Gli autori ipotizzano ***due assunzioni alternative***:
  - Nella prima si presuppone che l'elemento casuale dell'output per lavoratore non sia correlato con la densità e i livelli medi di istruzione;
  - Nella seconda, poiché quest'ultima risulta irrealistica si ipotizza la presenza di una caratteristica esogena degli stati che rappresenta una variabile strumentale per l'indice di densità;

- Le caratteristiche utilizzate sono:

1. Presenza o assenza di una linea ferroviaria nello stato nel 1860;
2. Popolazione dello stato nel 1850;
3. Densità di popolazione nello stato nel 1880;
4. Distanza dalla costa orientale degli Stati Uniti.

- Il ***modello non lineare*** è:

$$(25) \qquad y_s = f_s(\beta) + u_s$$

Dove ***y*** è la produttività e ***β*** è il vettore dei parametri.

- ***Z*** è la matrice dei valori delle variabili strumentali. Lo stimatore di queste minimizza

$$(26) \qquad [y-f(\beta)]'Z(Z'Z)^{-1}Z'[y-f(\beta)].$$

- Quando il numero degli strumenti è lo stesso dei parametri, lo stimatore è la soluzione della ***condizione di ortogonalità***

$$(27) \qquad [y-f(\beta)]'Z = 0.$$

- la matrice della covarianza stimata di ***β*** è:

$$(28) \qquad \hat{\sigma}^2[F'Z(Z'Z)^{-1}Z'F]^{-1}$$

Dove $\hat{\sigma}$ è lo standard error dei residui e ***F*** è la matrice delle derivate del modello rispetto ai parametri

RISULTATI

THE AMERICAN ECONOMIC REVIEW

TABLE 1—ESTIMATION RESULTS

Instrument	Density elasticity, θ (standard error)	Education elasticity, η (standard error)	R^2
None (NLLS)	1.052	0.410	0.551
	(0.008)	(0.396)	
Eastern seaboard	1.055	0.460	0.548
	(0.017)	(0.51)	
Railroad in 1860	1.061	0.330	0.537
	(0.011)	(0.450)	
Population in 1850	1.060	0.350	0.539
	(0.015)	(0.510)	
Population density	1.051	0.530	0.549
in 1880	(0.019)	(0.550)	
All	1.06	0.060	0.536
	(0.01)	(0.82)	

Notes: The equation estimated is (24). The data are value added for 46 states and Washington DC. For the 46 states we have used data on employment and average years of education at the county level.

TABLE 2—DENSITY, EDUCATION, AND PRODUCTIVITY FOR $\theta = 1.058$

State	Density index	Years of education	Productivity (1988 $)
District of Columbia	1.67	14.0	43,164
New York	1.59	13.3	41,921
New Jersey	1.48	13.4	44,488
Massachusetts	1.47	13.4	37,296
Illinois	1.46	13.2	39,150
Maryland	1.45	13.6	34,439
Rhode Island	1.43	12.7	30,055
Connecticut	1.42	13.5	41,927
California	1.42	12.9	40,723
Pennsylvania	1.40	13.2	34,661
Top 10 average	1.48	13.3	38,782
Ohio	1.40	13.1	36,553
Virginia	1.40	13.2	35,986
Delaware	1.40	13.3	35,223
Michigan	1.39	13.2	39,001
Missouri	1.38	13.1	34,520
Hawaii	1.38	13.3	34,485
Minnesota	1.37	13.2	35,494
Florida	1.36	13.1	30,808
Georgia	1.36	12.7	35,407
Texas	1.36	12.6	36,798
Colorado	1.35	13.6	33,342
Indiana	1.34	12.9	34,721
Wisconsin	1.34	13.2	33,495
Tennessee	1.33	12.6	33,169
North Carolina	1.32	12.8	32,677
Kentucky	1.32	12.7	34,406
Utah	1.31	13.6	32,160
Washington	1.31	13.6	32,661
Nebraska	1.30	13.2	30,323
New Hampshire	1.30	13.4	33,668
Oklahoma	1.29	13.0	33,567
Oregon	1.29	13.3	32,713
South Carolina	1.28	12.8	29,623
Kansas	1.27	13.4	36,223
Alabama	1.27	12.4	32,980
Arizona	1.25	13.2	33,579
Iowa	1.25	13.1	32,318
Average	1.33	13.1	34,071
Maine	1.24	13.1	33,097
Vermont	1.23	13.4	33,733
Arkansas	1.23	12.5	32,150
Mississippi	1.21	12.8	32,707
New Mexico	1.21	12.6	31,249
Nevada	1.20	12.9	36,234
Idaho	1.17	12.7	29,861
South Dakota	1.15	13.0	26,196
North Dakota	1.12	13.3	30,248
Montana	1.10	13.3	30,302
Bottom 10 average	1.19	13.0	31,578

Note: Education is at the state level. The density index as defined in equation (4), uses raw employment at the county level, evaluated at $\theta = 1.058$.

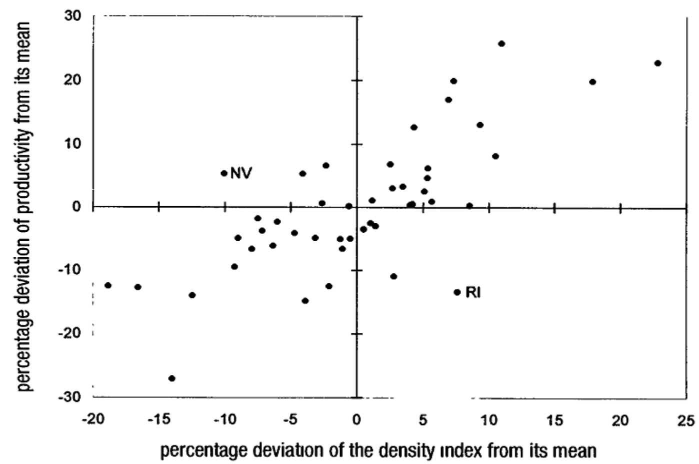

FIGURE 1. DENSITY AND PRODUCTIVITY BY STATE FOR $\theta = 1.058$

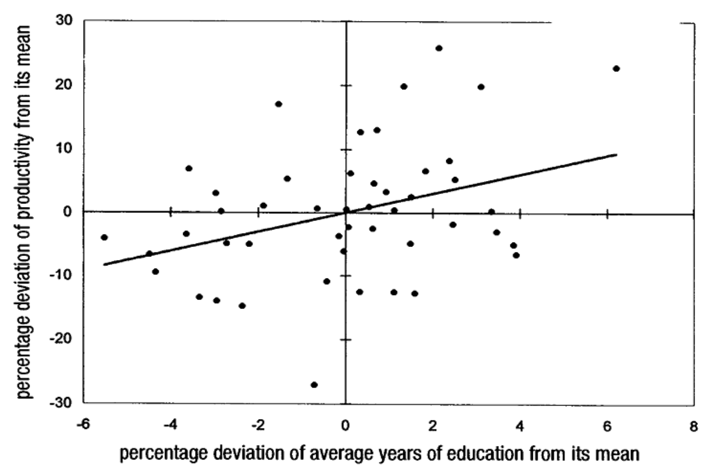

FIGURE 2. EDUCATION AND PRODUCTIVITY BY STATE

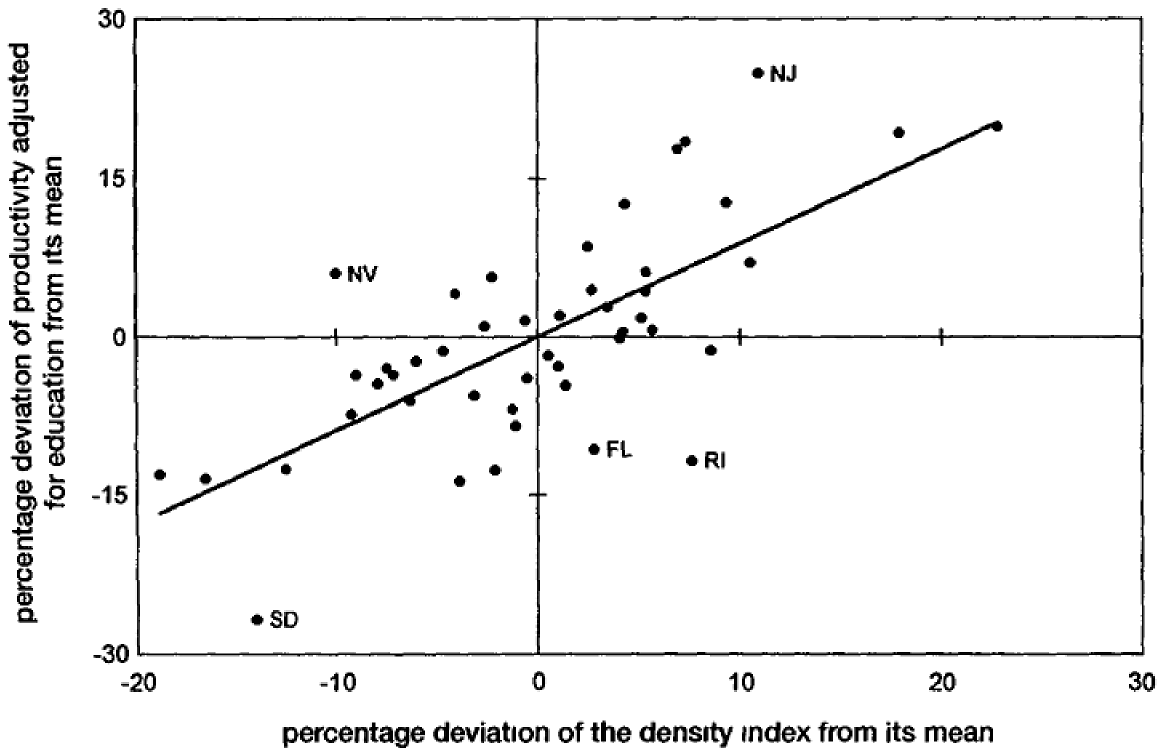

FIGURE 3. DENSITY AND PRODUCTIVITY ADJUSTED FOR EDUCATION, $\theta = 1.058$

TABLE 3—PRODUCTIVITY, STATE AND DISTRIBUTION EFFECTS FOR $\theta = 1.058$

State	State effect (percent)	Distribution effect (percent)	Productivity (1988 $)
District of Columbia	36	0	43,164
New York	9	19	41,921
New Jersey	16	4	44,488
Massachusetts	15	5	37,296
Illinois	6	13	39,150
Maryland	11	7	34,439
Rhode Island	16	1	30,055
Connecticut	14	2	41,927
California	5	11	40,723
Pennsylvania	7	8	34,661
Top 10 average	8	12	38,782
Ohio	7	7	36,553
Virginia	4	11	35,986
Delaware	10	4	35,223
Michigan	4	10	39,001
Missouri	−1	14	34,520
Hawaii	4	9	34,485
Minnesota	−2	15	35,494
Florida	6	6	30,808
Georgia	2	10	35,407
Texas	−2	14	36,798
Colorado	−6	17	33,342
Indiana	4	6	34,721
Wisconsin	1	9	33,495
Tennessee	2	7	33,169
North Carolina	3	5	32,677
Kentucky	−1	9	34,406
Utah	−9	18	32,160
Washington	−1	9	32,661
Nebraska	−8	16	30,323
New Hampshire	3	3	36,688
Oklahoma	−5	12	34,567
Oregon	−6	12	32,713
South Carolina	1	3	29,623
Kansas	−6	11	36,223
Alabama	−1	5	32,980
Arizona	−6	9	33,579
Iowa	−3	6	32,318
Average	−1	11	34,071
Maine	−4	6	33,097
Vermont	−2	2	33,733
Arkansas	−5	5	32,150
Mississippi	−4	4	32,707
New Mexico	−12	13	31,249
Nevada	−11	10	36,234
Idaho	−12	9	29,861
South Dakota	−13	9	26,196
North Dakota	−13	6	30,248
Montana	−16	7	30,302
Bottom 10 average	−10	9	31,578

Note: The density index as defined in equation (4), uses raw employment at the county level, evaluated at $\theta = 1.058$ decomposed into a state effect and a distribution effect as described in equation (5).

ESTENSIONI

A. Capitale pubblico;

B. Effetti di stato vs effetti di distribuzione;

C. Effetti di dimensione vs effetti di densità;

CAPITALE PUBBLICO

- Discrepanze nella produttività media del lavoro possono dipendere da differenze nell’ammontare di capitale pubblico disponibile;

- Estendiamo il modello base per tenere conto di questa considerazione.

- Assumiamo che i servizi derivanti dal capitale pubblico disponibile in uno stato ***s***, g_s entrino nel livello di produzione di una contea con elasticità costante δ***. La funzione di produzione*** a livello di contea diventa

$$(30) \quad f(n, q, a) = n^{\alpha}\left(\frac{q_c}{a_c}\right)^{(\lambda-1)/\lambda} g_s^{\delta}.$$

- Risolvendo per la ***produttività a livello statale*** otteniamo

$$(31) \qquad \frac{Q_s}{N_s} = g_s^{\lambda\delta} D_s(\gamma),$$

- Estendendo il modello per ***differenze esogene*** nella produttività totale dei fattori e differenze in capitale umano e fisico abbiamo

$$(32) \quad \log \frac{Q_s}{N_s} = \psi + \omega\delta \log g + \log D_s(\theta, \eta) + u_s$$

TABLE 4—ESTIMATION RESULTS WITH PUBLIC CAPITAL

Instrument	Density elasticity, θ (standard error)	Education elasticity, η (standard error)	Public capital elasticity, $\omega\delta$ (standard error)
None (NLLS)	1.046	0.570	0.021
	(0.010)	(0.430)	(0.015)
All	1.056	0.480	0.017
	(0.012)	(1.040)	(0.023)

Notes: The equation estimated is (32). The data are value added for 46 states and Washington, DC. For the 46 states we have used data on employment and education at the county level. The data for public capital at the state level is the capital in streets and highways for 1988 from Holtz-Eakin (1993).

EFFETTI DI STATO VS EFFETTI DI DISTRIBUZIONE

- Estendiamo il modello base per catturare effetti di stato non rilevati da esso (considero esternalità che superano i confini delle contee);
- La ***funzione di produzione*** diventa

$$(33) \quad f(n, q, a) = n^{\alpha}\left(\frac{q_c}{a_c}\right)^{(\lambda-1)/\lambda}\left(\frac{Q_s}{A_s}\right)^{\kappa},$$

Dove ***k*** indica l'elasticità rispetto all'output medio per acre in uno stato.

- Risolvendo per la ***produttività in uno stato*** otteniamo:

$$(34) \quad \frac{Q_s}{N_s} = D_s^{\lambda\kappa/(1-\lambda\kappa)} D_s(\gamma)^{1/(1-\lambda\kappa)}.$$

- Estendendo il modello ricaviamo la seguente equazione di ***stima***:

$$(35) \quad \log \frac{Q_s}{N_s} = \delta + \xi \log D_s + (\xi + 1) \log D_s(\theta, \eta) + u_s,$$

Dove δ è una costante comune a tutti gli stati e ξ è ***l'elasticità*** della produttività rispetto alla densità dello stato

$$(36) \qquad \xi \equiv \frac{\kappa\omega}{1 - \kappa\omega}.$$

TABLE 5—ESTIMATION RESULTS WITH STATE DENSITY EFFECTS

Instrument	County density elasticity, θ (standard error)	Education elasticity, η (standard error)	State density elasticity, ξ (standard error)
None (NLLS)	1.047	0.450	0.005
	(0.018)	(0.420)	(0.015)
All	1.084	0.235	(0.019)
	(0.028)	(0.498)	(0.023)

Notes: The equation estimated is (35). The data are value added for 46 states and Washington, DC. For the 46 states we have used data on employment and education at the county level for the density index $D_s(\theta, \eta)$. Average density D_s is total employment in the state over its area.

EFFETTI DI DIMENSIONE VS EFFETTI DI DENSITA'

- Assumiamo che l'elasticità del livello di output di un'azienda rispetto a quello della contea entri come una costante, ***v***:

$$(37) \quad f(n, q, a) = n^{\alpha}\left(\frac{q_c}{a_c}\right)^{(\lambda-1)/\lambda} q_c^{\nu}.$$

- Risolvendo per il livello di ***produttività statale*** otteniamo:

$$(38) \quad \frac{Q_s}{N_s} = \frac{\sum_{c \in C_s} (n_c^{\gamma} a_c^{-(\gamma-1)})^{1/(1-\nu\lambda)}}{N_s}.$$

- Estendiamo il modello per includere ***differenze nel capitale fisico e umano*** e la ***produttività esogena totale*** dei fattori

$$(39) \quad \log \frac{Q_s}{N_s} = \delta + \log D_s(\theta, \eta, \sigma) + u_s,$$

Dove $D_s(\theta, \eta, \sigma)$ è definito analogamente all'equazione (38):

$$(40) \quad = \frac{\sum_{c \in C_s} ((n_c h_c^{\eta})^{\theta} a_c^{-(\theta-1)})^{\sigma}}{N_s},$$

- Con

$$(41) \quad \sigma = \frac{1}{1 - \nu\omega}.$$

TABLE 6—ESTIMATION RESULTS WITH SIZE EFFECTS

Instrument	County density elasticity, θ (standard error)	Education elasticity, η (standard error)	County size elasticity, σ (standard error)
None (NLLS)	1.035 (0.013)	0.259 (0.398)	1.029 (0.019)
All	1.046 (0.023)	0.140 (0.82)	1.026 (0.039)

Notes: The equation estimated is (39). The data used is value added for 46 states and Washington, DC. For the 46 states we have used data on employment and education at the county level.

CONCLUSIONI

- I ***rendimenti crescenti*** dovuti alla densità giocano un ruolo cruciale nella spiegazione delle differenze nella produttività media del lavoro tra gli stati degli U.S.;
- Essi spiegano più della ***metà della variazione***;
- Le ***variabili strumentali*** e le relative ***stime*** confermano che i modelli di agglomerazione nel XVIII e XIX sec. non riflettono fattori che contribuiscono significativamente alla ***produttività odierna***;
- Le ***stime*** controllano la qualità del lavoro a livello di contea e la diversa disponibilità di capitale pubblico a livello di stato, oltre a permettere un confronto tra i rendimenti crescenti dovuti alla dimensione e quelli dovuti alla densità.