Problematiche Strutturali e Progresso Tecnico nell'Economia Italiana.

Maurizio Conti

Obiettivo principale del corso è quello di fornire una chiave interpretativa delle problematiche strutturali, di lungo periodo, dell'economia italiana basata sulla scarsa innovazione e quindi sul basso tasso di crescita della produttività e del progresso tecnologico. Per conseguire questo obiettivo, nel Corso saranno introdotte alcune nozioni fondamentali di teoria economica. In particolare, sarà descritto in dettaglio il Modello di Crescita di Solow, che costituisce a tutt'oggi il Modello di riferimento per la Teoria della Crescita economica neoclassica. Il Modello di Solow verrà esaminato inizialmente nella versione senza progresso tecnico e quindi - dopo averne introdotto il concetto-, con progresso tecnico. In seguito verrà introdotta la metodologia di misurazione del tasso di crescita della produttività nota come Contabilità della Crescita e alcuni dati sul rallentamento della produttività in Italia ed in Europa verranno discussi. Seguirà un'analisi introduttiva della Teoria della Crescita Endogena (che, a differenza del Modello di Solow, tenta di spiegare il processo di accumulazione della conoscenza e, quindi, il progresso tecnologico e il ruolo del capitale umano e dell'infrastruttura sociale come possibili ulteriori spiegazioni delle diversità di reddito pro-capite fra paesi). Infine, verranno considerati, i modelli microeconomici che cercano di spiegare le possibili relazioni esistenti fra spesa in R&S delle imprese e forme di mercato e fra intensità del processo concorrenziale e crescita della produttività. .

Libri di testo

Non esiste un libro di testo consigliato. Le presenti note seguono, per la parte relativa al Modello di Solow, alla Teoria della Crescita Endogena e al ruolo del capitale umano e delle infrastrutture sociali , il libro di David Romer, *Advanced Macroeconomics*, 2001 e, per la parte relativa ai modelli R&S, il libro di Jean Tirole, *The Theory of Industrial Organization*, 1988.

Indice

1	Introduzione	3
2	Ripasso di matematica e funzioni di produzione	14
3	Il modello di crescita di Solow senza progresso tecnico	25
4	Progresso tecnico: definizioni e tipologie	36
5	Il modello di crescita di Solow con progresso tecnico	44
6	Applicazioni empiriche: contabilità della crescita	63
7	Teoria della crescita endogena: alcuni cenni	84
8	Il ruolo del capitale umano e delle infrastrutture sociali	98
9	Le interrelazioni fra spesa in R&S, concorrenza e produttività	110

1. Introduzione

Nelle tabelle successive sono riportati una serie di indicatori basati sul Prodotto Interno Lordo (PIL). Sebbene il PIL pro capite rappresenti un indicatore alquanto imperfetto del benessere di una nazione (non prende in considerazione, ad esempio, la distribuzione del reddito, né l'utilità degli agenti economici, né il consumo di risorse non riproducibili, come l'ambiente, ecc), è tuttavia ancora di gran lunga l'indicatore principale a cui gli economisti e i policy makers guardano per esaminare il livello di benessere relativo di un paese rispetto ad un altro o dello stesso paese nel corso del tempo. Pertanto, il PIL pro capite l'indicatore che utilizzeremo per analizzare il benessere relativo dei diversi paesi.

Le Tabelle 1 e 2 riportano il tasso medio di crescita del PIL e del PIL pro capite, per Francia, Germania, Italia, Spagna, Regno Unito e Stati Uniti, per alcuni sottoperiodi compresi fra il 1500 e il 2001. Entrambe le tabelle mostrano come sia il tasso di crescita del PIL che il tasso di crescita del PIL pro capite siano stati molto bassi nel periodo precedente la rivoluzione industriale, e come siano invece cresciuti nel periodo successivo al 1820 e, con l'esclusione di USA e Regno Unito –che avevano già raggiunto un elevato livello di PIL pro capite- nei venticinque anni successivi alla seconda guerra mondiale. Notiamo altresì una sostanziale decelerazione del PIL pro capite nel periodo 1973-2001 in tutti i paesi riportati nelle Tabelle 1.1 e 1.2 (un andamento simile nei tassi di crescita del PIL pro capite si riscontra anche per la maggior parte dei paesi dell'Europa occidentale).

I principali messaggi che possiamo trarre dalle Tabelle 1.1 e 1.2 sono:

- la crescita economica, intesa come crescita del PIL pro capite, è un fenomeno relativamente recente, che ha assunto una grandezza apprezzabile solo a partire, grosso modo, dalla Rivoluzione industriale;

- limitatamente all'Italia, notiamo che il tasso di crescita del PIL pro capite è rimasto sostanzialmente inferiore rispetto a quello di paesi come Francia, Germania, USA e UK, per poi accelerare soprattutto nel periodo successivo alla seconda guerra mondiale, quando il reddito pro capite italiano è risalito a livelli simili rispetto a quello dei maggiori paesi occidentali. Sebbene nel periodo 1973-2001 il tasso di crescita del PIL pro capite in Italia sia sceso rispetto ai valori del periodo precedente, la riduzione è stata inferiore rispetto a quello degli altri paesi considerati nelle Tabelle 1.1 e 1.2, ad eccezione della Spagna.

Tabella 1.1: Pil Tasso di crescita del GDP in alcuni paesi: 1500-2001

	1500/1820	1820-1870	1870-1913	1913-1950	1950-1973	1973-2001
France	0.37	1.43	1.63	1.15	5.05	2.20
Germany	0.37	2.00	2.81	0.30	5.68	1.75
Italy	0.21	1.24	1.94	1.49	5.64	2.30
Spain	0.32	0.93	1.77	1.06	6.60	3.10
United Kingdom	0.80	2.05	1.90	1.19	2.93	2.08
United States	0.86	4.20	3.94	2.84	3.93	2.94

Fonte: Maddison 2001.

Tuttavia, la performance relativamente brillante nel periodo 1973-2001 è dovuta in larga parte ad un ritmo sostenuto di crescita negli anni settanta e ottanta.

Tabella 1.2: Pil Tasso di crescita del GDP pro capite in alcuni paesi: 1500-2001

	1500/1820	1820-1870	1870-1913	1913-1950	1950-1973	1973-2001
France	0.14	1.01	1.45	1.12	4.04	1.71
Germany	0.14	1.08	1.61	0.17	5.02	1.60
Italy	0.00	0.59	1.26	0.85	4.95	2.10
Spain	0.13	0.36	1.25	0.17	5.60	2.59
United Kingdom	0.27	1.26	1.01	0.93	2.42	1.86
United States	0.36	1.34	1.82	1.61	2.45	1.86

Fonte: Maddison 2001.

Questo può essere visto dalle Tabelle 1.3 e 1.4, che riportano il livello e il tasso di crescita del PIL pro capite per gli stessi paesi considerati nelle Tabelle 1.1 e 2.1. Per ogni anno compreso fra

il 1950 e il 2006. Come è evidente soprattutto dalla Tabella 1.4, il ritmo di crescita del PIL pro capite italiano è stato uno dei più bassi fra i paesi esaminati. In alcuni anni, ed in particolare nel periodo 2001/2004, il PIL pro capite è addirittura sceso.

Tabella 1.3: PIL pro capite in $ 2006 espressi in PPA (1950-2006)

Anno	France	All Germany	Italy	Spain	United Kingdom	United States
1950	7 830		5 527	3 592	10 562	13 475
1951	8 248		5 900	3 916	10 842	14 257
1952	8 406		6 309	4 199	10 792	14 537
1953	8 590		6 723	4 148	11 180	14 956
1954	8 942		7 022	4 424	11 596	14 599
1955	9 375		7 380	4 560	11 975	15 357
1956	9 756		7 669	4 887	12 068	15 381
1957	10 234		8 078	4 999	12 202	15 389
1958	10 379		8 460	5 169	12 124	14 981
1959	10 570		8 922	5 006	12 541	15 826
1960	11 208		9 338	5 041	13 158	15 965
1961	11 698		10 059	5 639	13 480	16 068
1962	12 228		10 775	6 235	13 493	16 777
1963	12 679		11 462	6 813	13 925	17 253
1964	13 376		11 817	7 409	14 562	18 000
1965	13 904		11 993	7 815	14 842	18 911
1966	14 482		12 535	8 304	15 045	19 918
1967	15 037		13 342	8 754	15 294	20 195
1968	15 586		14 371	9 171	15 844	20 946
1969	16 528		15 099	9 899	16 060	21 392
1970	17 326		15 339	10 370	16 388	21 181
1971	17 988		15 530	10 862	16 653	21 568
1972	18 625		15 878	11 651	17 189	22 469
1973	19 479		16 784	12 573	18 302	23 520
1974	19 917		17 434	13 374	18 049	23 241
1975	19 683		16 954	13 697	18 031	22 948
1976	20 458		17 969	14 112	18 439	23 923
1977	21 137		18 416	14 496	18 848	24 756
1978	21 636		19 041	14 808	19 524	25 893
1979	22 237		20 076	14 882	20 041	26 479
1980	22 438		20 754	15 102	19 682	26 181
1981	22 552		20 833	15 075	19 402	26 573
1982	22 998		20 916	15 251	19 717	25 825
1983	23 175		21 136	15 554	20 402	26 664
1984	23 388		21 653	15 707	20 882	28 358
1985	23 620		22 248	15 954	21 558	29 196
1986	24 086		22 879	16 408	22 437	29 927
1987	24 587		23 589	17 264	23 429	30 705
1988	25 555		24 500	18 128	24 519	31 708
1989	26 336	25 207	25 204	19 007	24 982	32 497
1990	26 874	25 672	25 747	19 783	25 006	32 696
1991	27 060	26 130	26 140	20 230	24 591	32 200

1992	27 388	26 508	26 299	20 373	24 574	32 833
1993	26 954	26 122	25 980	20 123	25 101	33 282
1994	27 384	26 723	26 468	20 569	26 124	34 215
1995	27 870	27 149	27 171	21 105	26 773	34 673
1996	28 055	27 339	27 321	21 586	27 411	35 556
1997	28 562	27 792	27 783	22 392	28 185	36 714
1998	29 432	28 351	28 148	23 363	28 986	37 803
1999	30 256	28 904	28 664	24 443	29 735	39 035
2000	31 333	29 790	29 631	25 637	30 816	40 028
2001	31 766	30 126	30 097	26 525	31 395	39 949
2002	31 949	30 100	30 158	27 198	31 922	40 213
2003	32 160	30 026	30 132	27 981	32 627	40 844
2004	32 774	30 390	30 420	28 840	33 593	42 051
2005	33 035	30 664	30 386	29 813	34 119	43 009
2006	33 592	31 461	30 921	30 871	34 904	44 010

Fonte: Groningen Growth and Development Centre

Tabella 1.4: Tasso di crescita Pil pro capite (1950-2006)

	France	All Germany	Italy	Spain	United Kingdom	United States
1950						
1951	5.20%		6.54%	8.64%	2.62%	5.64%
1952	1.90%		6.70%	6.96%	-0.46%	1.95%
1953	2.16%		6.36%	-1.21%	3.53%	2.84%
1954	4.03%		4.35%	6.43%	3.65%	-2.42%
1955	4.72%		4.97%	3.02%	3.21%	5.06%
1956	3.98%		3.84%	6.94%	0.77%	0.16%
1957	4.79%		5.20%	2.27%	1.11%	0.05%
1958	1.40%		4.61%	3.35%	-0.64%	-2.69%
1959	1.82%		5.32%	-3.21%	3.38%	5.49%
1960	5.86%		4.55%	0.69%	4.80%	0.87%
1961	4.28%		7.44%	11.21%	2.42%	0.64%
1962	4.43%		6.88%	10.06%	0.10%	4.32%
1963	3.62%		6.18%	8.86%	3.15%	2.79%
1964	5.35%		3.05%	8.40%	4.48%	4.24%
1965	3.88%		1.48%	5.33%	1.90%	4.93%
1966	4.07%		4.43%	6.06%	1.36%	5.19%
1967	3.76%		6.24%	5.28%	1.64%	1.38%
1968	3.59%		7.43%	4.65%	3.53%	3.65%
1969	5.87%		4.94%	7.64%	1.35%	2.11%
1970	4.71%		1.58%	4.65%	2.02%	-0.99%
1971	3.75%		1.24%	4.63%	1.60%	1.81%
1972	3.48%		2.22%	7.01%	3.17%	4.09%
1973	4.48%		5.55%	7.62%	6.27%	4.57%
1974	2.23%		3.80%	6.18%	-1.39%	-1.19%
1975	-1.18%		-2.79%	2.39%	-0.10%	-1.27%
1976	3.86%		5.82%	2.99%	2.24%	4.16%
1977	3.27%		2.45%	2.68%	2.19%	3.42%
1978	2.33%		3.34%	2.13%	3.52%	4.49%
1979	2.74%		5.29%	0.50%	2.61%	2.24%
1980	0.90%		3.32%	1.47%	-1.81%	-1.13%
1981	0.51%		0.38%	-0.18%	-1.43%	1.49%
1982	1.96%		0.40%	1.16%	1.61%	-2.85%

1983	0.77%		1.04%	1.97%	3.41%	3.20%
1984	0.92%		2.42%	0.98%	2.33%	6.16%
1985	0.98%		2.71%	1.56%	3.19%	2.91%
1986	1.95%		2.80%	2.80%	3.99%	2.47%
1987	2.06%		3.06%	5.09%	4.33%	2.56%
1988	3.86%		3.79%	4.88%	4.55%	3.21%
1989	3.01%		2.84%	4.73%	1.87%	2.46%
1990	2.02%	1.83%	2.13%	4.00%	0.10%	0.61%
1991	0.69%	1.77%	1.51%	2.23%	-1.67%	-1.53%
1992	1.21%	1.44%	0.61%	0.70%	-0.07%	1.95%
1993	-1.60%	-1.47%	-1.22%	-1.23%	2.12%	1.36%
1994	1.58%	2.28%	1.86%	2.20%	3.99%	2.77%
1995	1.76%	1.58%	2.62%	2.57%	2.45%	1.33%
1996	0.66%	0.70%	0.55%	2.25%	2.36%	2.52%
1997	1.79%	1.64%	1.68%	3.67%	2.78%	3.20%
1998	3.00%	1.99%	1.31%	4.24%	2.80%	2.92%
1999	2.76%	1.93%	1.81%	4.52%	2.55%	3.21%
2000	3.50%	3.02%	3.32%	4.77%	3.57%	2.51%
2001	1.37%	1.12%	1.56%	3.41%	1.86%	-0.20%
2002	0.58%	-0.09%	0.20%	2.51%	1.66%	0.66%
2003	0.66%	-0.25%	-0.09%	2.84%	2.18%	1.56%
2004	1.89%	1.21%	0.95%	3.03%	2.92%	2.91%
2005	0.79%	0.90%	-0.11%	3.32%	1.55%	2.25%
2006	1.67%	2.56%	1.75%	3.49%	2.27%	2.30%

Fonte: Groningen Growth and Development Centre

La Tabella 1.5 riporta i tassi medi di crescita di alcuni paesi dell'Unione europea per alcuni sottoperiodi: è evidente come l'Italia, che aveva mantenuto un tasso di crescita del PIL pro capite superiore a quello dell'EU-15, nel periodo 1995-2003 ha avuto una performance sensibilmente inferiore alla media UE. I dati relativi al periodo 2003/2006 riportati nelle Tabelle 1.3 e 1.4 mostrano un ulteriore peggioramento della performance relativa dell'Italia rispetto agli altri paesi europei.

Tabella 1.5: tassi medi di crescita PIL pro capite per alcuni paesi

Paese	1980-1995	1990-95	1995-2003
Francia	1.4	0.6	1.7
Germania	1.6	1.0	1.1
Italia	1.8	1.1	1.3
Spagna	2.3	1.3	3.2
UK	2.1	1.3	2.3
UE-15	1.7	1.0	1.9
USA	1.9	1.2	2.2

Fonte: Van Ark, 2005.

Alcune definizioni:

E' opportuno a questo punto introdurre una parte della notazione e alcune definizioni che utilizzeremo nel seguito del Corso.

Y: PIL (o reddito)

P: Popolazione

PL= popolazione in età lavorativa

E: Occupati

H: Ore lavorate

FL: Forza lavoro

y= Y/P : PIL pro capite

E' utile decomporre il livello e, soprattutto, il tasso di crescita del PIL pro capite nei suoi elementi costitutivi.

In particolare, possiamo scrivere:

$$y = \frac{Y}{P} = \frac{Y}{H}\frac{H}{P} = \frac{Y}{H}\frac{H}{E}\frac{E}{P} = \frac{Y}{H}\frac{H}{E}\frac{E}{LF}\frac{LF}{PL}\frac{PL}{P} \qquad (1.1)$$

L'equazione 1.1 suddivide il PIL pro capite in una serie di parti "elementari". In particolare, il secondo segno di uguale ci dice che il PIL pro capite è il prodotto di Y/H, vale a dire il rapporto fra PIL e ore lavorate -noto come produttività del lavoro (NB: in alcuni casi la produttività del lavoro è costruita come il rapporto fra PIL e occupati, ma l'utilizzo del rapporto fra PIL e ore lavorate è preferibile, in quanto non dipende dall'ammontare di ore lavorate)- e H/P, l'intensità del lavoro, vale a dire le ore lavorate pro capite. Data la produttività del lavoro, più alte sono le ore lavorate per abitante, e più alto è il PIL pro capite. Il terzo segno di uguale scompone H/P in H/E, vale a dire le ore lavorate per occupato e E/P, vale a dire la frazione di abitanti che è occupata. Infine, l'ultima parte dell'equazione 1.1 ci dice che E/P è il prodotto di E/LF, vale a dire il tasso di

occupazione (cioè il rapporto fra occupati e forza lavoro), LF/PL, vale a dire il rapporto fra forza lavoro e popolazione in età lavorativa, e PL/P, il rapporto fra popolazione in età lavorativa e popolazione totale.

L'equazione 1.1 pertanto ci dice che, a parità di condizioni, il PIL pro capite di un paese è tanto più alto quanto maggiori sono la produttività del lavoro, le ore lavorate per occupato, il tasso di occupazione, il rapporto fra forze lavoro e popolazione in età di lavoro e la frazione di popolazione in età da lavoro rispetto al totale degli abitanti.

Ad esempio, a parità di produttività del lavoro e di PL/P, paesi che hanno a) un più alto tasso di partecipazione al mercato del a lavoro (LF/PL alto): b) un più elevato tasso di occupazione; c) un più alto numero di ore lavorate per occupato tendono ad avere un PIL pro capite più elevato.

L'equazione 1 può essere riformulata in termini di tassi di variazione:

$$g(y) = g(\frac{Y}{P}) = g(\frac{Y}{H}) + g(\frac{H}{P}) = g(\frac{Y}{H}) + g(\frac{H}{E}) + g(\frac{E}{P}) = + \\ + g(\frac{Y}{H}) + g(\frac{H}{E}) + g(\frac{E}{LF}) + g(\frac{LF}{PL}) + g(\frac{PL}{P}) \qquad (1.2)$$

Nell'equazione 1.2 abbiamo uso del fatto che il tasso di crescita g di x*y è approssimativamente uguale al tasso di crescita di x più il tasso di crescita di y, dove il tasso di crescita g di x è uguale a $(x_t - x_{t-1})/x_{t-1}$. L'equazione 1.2 ci dice che il tasso di crescita del PIL pro capite dipende dal tasso di crescita delle sue parti costituenti.

La Tabella 1.6 ci riporta, per il 2005, una scomposizione del PIL pro capite, in relazione a quello degli USA, per i paesi EU15, basata su una versione semplificata delle equazioni 1.1 e 1.2.

Relativamente all'Italia, vediamo come il PIL pro capite italiano fosse, nel 2003, di poco inferiore alla media UE15 e, in particolare, circa il 28 per cento più basso del PIL pro capite degli USA. Inoltre vediamo come la produttività del lavoro fosse solo dell'otto per cento inferiore a quella degli USA, e sostanzialmente in linea con la media UE. L'Italia, come molti altri paesi EU, del resto, ha un PIL pro capite più basso rispetto agli USA non tanto (o non solo, in alcuni casi) perché la

produttività del lavoro è più bassa di quella USA, ma anche, e soprattutto, perché ogni lavoratore lavora meno ore e meno persone lavorano rispetto agli USA.

Tabella 1. 6: Pil pro capite e produttività del lavoro nel 2003

	PIL orario (% degli USA)	Effetto delle ore di lavoro	Effetto del rapporto E/P	PIL pro capite (% degli USA)
Austria	99	-17.4	-2.2	78
Belgium	111	-15.4	-17.6	77
Denmark	95	-17.7	3.4	80
Finland	92	-11.6	-3.5	76
France	117	-26.9	-13.2	75
Germany	99	-20.2	-6.8	70
Greece	64	4.4	-12.7	55
Ireland	108	-12.2	-4.5	91
Italy	92	-11.5	-9.3	70
Japan	75	-2.3	3.6	76
Netherlands	104	-27.4	3.3	77
Portugal	53	-3.4	1.8	50
Spain	75	-0.7	-9.4	64
Sweden	88	-12.3	1.3	77
United Kingdom	90	-9.8	-1.2	78
UE 15	93	-13.6	-6.6	72

Fonte: Van ark, 2005

Relativamente all'Italia, vediamo come il PIL pro capite italiano fosse, nel 2003, di poco inferiore alla media UE15 e, in particolare, circa il 28 per cento più basso del PIL pro capite degli USA. Inoltre vediamo come la produttività del lavoro fosse solo dell'otto per cento inferiore a quella degli USA, e sostanzialmente in linea con la media UE. L'Italia, come molti altri paesi EU, del resto, ha un PIL pro capite più basso rispetto agli USA non tanto (o non solo, in alcuni casi) perché la produttività del lavoro è più bassa di quella USA, ma anche, e soprattutto, perché ogni lavoratore lavora meno ore e meno persone lavorano rispetto agli USA.

Tabella 1.7: produttività del lavoro (Pil/ore lavorate), 1950-2006

	France	All Germany	Italy	Spain	United Kingdom	United States
1950	7.43		8.05	4.14	11.19	16.75
1951						17.04
1952						17.50
1953						18.10

1954						18.52
1955						19.20
1956						19.26
1957						19.80
1958						20.30
1959	11.58		10.73		12.85	21.04
1960	12.28		11.25	6.37	13.36	21.41
1961	12.89		12.24	7.13	13.86	22.06
1962	13.60		13.54	7.84	14.01	22.81
1963	14.16		14.85	8.55	14.47	23.61
1964	14.84		15.55	9.30	15.04	24.34
1965	15.51		16.75	9.77	15.49	25.04
1966	16.15		17.75	10.35	15.93	25.77
1967	16.91		18.56	10.94	16.67	26.12
1968	17.78		20.23	11.44	17.53	26.87
1969	18.97		21.55	12.28	17.86	27.06
1970	20.19		22.11	12.79	18.72	27.59
1971	21.21		23.11	13.48	19.67	28.57
1972	22.16		24.08	14.58	20.58	29.28
1973	23.37		25.50	15.54	21.38	29.99
1974	24.22		26.71	16.62	21.50	29.80
1975	24.77		26.33	17.53	22.04	30.58
1976	26.21		27.79	18.64	22.82	31.28
1977	27.21		29.04	19.40	23.38	31.59
1978	28.07		30.18	20.67	24.20	31.89
1979	28.95		31.65	21.81	24.94	32.11
1980	29.40		31.80	23.12	24.89	32.21
1981	30.25		32.10	24.27	25.82	32.95
1982	32.41		32.31	25.22	26.88	32.82
1983	33.12		32.82	26.42	28.10	33.59
1984	33.66		34.66	28.26	28.38	34.31
1985	34.84		34.98	29.38	28.88	34.85
1986	35.70		35.77	30.03	30.15	35.63
1987	36.24		36.91	30.45	31.07	35.91
1988	37.30		37.54	31.00	31.33	36.34
1989	38.33	34.06	38.43	31.74	31.28	36.59
1990	39.20	35.31	38.60	32.39	31.43	37.16
1991	39.82	35.07	38.61	32.82	32.23	37.58
1992	40.76	35.96	40.08	33.96	33.64	38.75
1993	41.15	36.53	40.67	35.29	35.09	38.84
1994	42.09	37.60	42.32	36.38	36.11	39.15
1995	43.27	38.57	43.58	36.50	36.62	39.14
1996	43.46	39.46	43.61	36.45	37.51	40.06
1997	44.39	40.46	44.19	36.50	38.11	40.62
1998	45.56	40.93	44.44	36.29	38.81	41.38
1999	46.31	41.52	44.90	36.33	39.53	42.34
2000	48.09	42.60	45.73	36.28	40.87	43.81
2001	48.55	43.37	45.97	36.19	41.36	44.64
2002	50.04	44.01	45.41	36.54	42.43	45.96
2003	50.78	44.54	44.98	36.17	43.40	47.5
2004	51.60	44.84	45.48	35.96	44.60	48.7
2005	52.35	45.44	45.67	35.74	45.09	49.6
2006	53.06	46.36	45.73	35.56	45.85	50.3

Fonte: Groningen Growth and Development Centre

Tabella 1.8: tasso di crescita della produttività del lavoro (1950-2006)

	France	All Germany	Italy	Spain	UK	US
1950						
1951						1.75%
1952						2.65%
1953						3.38%
1954						2.31%
1955						3.60%
1956						0.29%
1957						2.76%
1958						2.53%
1959						3.59%
1960	5.85%		4.77%		3.89%	1.74%
1961	4.84%		8.40%	11.35%	3.72%	2.96%
1962	5.35%		10.11%	9.49%	1.10%	3.36%
1963	4.04%		9.26%	8.69%	3.18%	3.44%
1964	4.70%		4.55%	8.35%	3.89%	3.07%
1965	4.40%		7.46%	5.00%	2.95%	2.80%
1966	4.06%		5.80%	5.71%	2.77%	2.88%
1967	4.59%		4.45%	5.51%	4.53%	1.35%
1968	5.01%		8.61%	4.48%	5.03%	2.85%
1969	6.49%		6.35%	7.13%	1.90%	0.68%
1970	6.25%		2.55%	4.04%	4.70%	1.94%
1971	4.90%		4.44%	5.26%	4.96%	3.52%
1972	4.40%		4.08%	7.86%	4.49%	2.45%
1973	5.31%		5.76%	6.34%	3.81%	2.39%
1974	3.56%		4.62%	6.75%	0.58%	-0.65%
1975	2.27%		-1.45%	5.34%	2.47%	2.60%
1976	5.64%		5.41%	6.12%	3.47%	2.27%
1977	3.74%		4.39%	3.98%	2.41%	0.98%
1978	3.11%		3.86%	6.34%	3.47%	0.95%
1979	3.07%		4.77%	5.37%	3.00%	0.69%
1980	1.57%		0.47%	5.84%	-0.20%	0.32%
1981	2.83%		0.94%	4.85%	3.68%	2.27%
1982	6.89%		0.65%	3.83%	4.03%	-0.40%
1983	2.17%		1.55%	4.66%	4.44%	2.33%
1984	1.62%		5.47%	6.72%	0.98%	2.12%
1985	3.43%		0.92%	3.90%	1.76%	1.54%
1986	2.44%		2.23%	2.18%	4.31%	2.22%
1987	1.50%		3.13%	1.38%	2.99%	0.79%
1988	2.89%		1.71%	1.79%	0.84%	1.18%
1989	2.74%		2.34%	2.38%	-0.16%	0.68%
1990	2.23%	3.59%	0.44%	2.01%	0.48%	1.56%
1991	1.56%	-0.68%	0.03%	1.33%	2.50%	1.11%
1992	2.34%	2.50%	3.74%	3.41%	4.29%	3.08%
1993	0.96%	1.57%	1.47%	3.84%	4.21%	0.23%
1994	2.26%	2.90%	3.97%	3.06%	2.88%	0.78%
1995	2.77%	2.53%	2.93%	0.32%	1.40%	-0.02%
1996	0.43%	2.30%	0.08%	-0.12%	2.40%	2.32%
1997	2.14%	2.48%	1.31%	0.12%	1.59%	1.41%
1998	2.59%	1.18%	0.57%	-0.58%	1.83%	1.85%

1999	1.63%	1.42%	1.02%	0.12%	1.82%	2.30%
2000	3.77%	2.56%	1.85%	-0.13%	3.34%	3.41%
2001	0.97%	1.79%	0.53%	-0.27%	1.20%	1.89%
2002	3.01%	1.46%	-1.23%	0.98%	2.56%	2.90%
2003	1.46%	1.21%	-0.95%	-1.02%	2.25%	3.39%
2004	1.62%	0.68%	1.09%	-0.60%	2.72%	2.45%
2005	1.43%	1.32%	0.43%	-0.61%	1.10%	1.81%
2006	1.35%	1.99%	0.12%	-0.49%	1.68%	1.41%

Fonte: Groningen Growth and Development Centre

E' per questo motivo che l'analisi della produttività, e delle sue determinanti costituiranno la parte più significativa del corso.

In particolare, nel corso cercheremo di capire perché la dinamica della produttività del lavoro sia stata particolarmente debole negli ultimi 10 anni. In particolare, cercheremo di analizzare:

- il ruolo del progresso tecnologico, dell'accumulazione del capitale, e delle condizioni che possono influire sul tasso di innovazione e su progresso tecnologico.
- A tal fine, sarà necessario una introduzione (piuttosto lunga) che ci fornisca le basi teoriche di teoria della crescita necessarie ad affrontare tali problematiche, oltre ad un breve richiamo di matematica.

In particolare, considereremo le seguenti sezioni (se il tempo lo permetterà!!):

1. Brevi richiami di matematica
2. Il concetto di funzione di produzione
3. Il modello di crescita di Solow, con e senza progresso tecnico (Romer, "*Advanced Macroeconomics*", 2001- capitolo1 pg 5-24; 26-30)
   a) Definizione di progresso tecnologico e analisi dei diversi tipi di progresso tecnologico
   b) Fatti stilizzati di Kaldor
   c) Risoluzione matematica del modello di Solow
4. La misurazione del progresso tecnologico: il Residuo di Solow (Romer, "*Advanced Macroeconomics*", 2001, capitolo 1, pg 26-30)
5. Cenni alla teoria della crescita endogena (Romer, "*Advanced Macroeconomics*", 2001- capitolo 3 pg 98-107; 114-121)

6. Capitale umano e infrastruttura sociale (Romer, "*Advanced Macroeconomics*", 2001, capitolo 3, pg 138-149)
7. Determinanti della spesa in R&S. Concorrenza e progresso tecnologico. Alcune analisi empiriche della relazione esistente fra grado di concorrenza, spesa in R&S e crescita della produttività.
8. La parte relativa al modello di Solow, con e senza progresso tecnico, e alle caratteristiche della spesa in R&S (appropriabilità, esternalità, ecc), possono essere anche lette su Blanchard, *Macroeconomia*, capitoli 10, 11, 12, oppure su Blanchard, Scoprire la Macroeconomi, I, capitoli 10-12. La parte matematica è tuttavia poco sviluppata.

2. Matematica e funzione di produzione

2.1 Richiami di matematica

<u>Derivate di una funzione ad una variabile</u>

Definizione 1: La derivata di una funzione f(x) è definita come: $Df(x) = \frac{df(x)}{dx} = f'(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}$, quando il limite esiste. La derivata ci dice la pendenza della funzione f nel punto x.

Alcuni esempi di funzioni e corrispondenti derivate:

$$ax; Dax = a$$

$$x^n; Dx^n = nx^{n-1}$$

$$\ln x; D\ln x = \frac{1}{x}$$

$$x^n; Dx^n = nx^{n-1}$$

$$f(x)g(x); D(f(x)g(x)) = g(x)Df(x) + f(x)D(g(x)$$

$$\frac{f(x)}{g(x)}; D\frac{f(x)}{g(x)} = \frac{g(x)Df(x) - f(x)Dg(x)}{g(x)^2}$$

Una regola utile per la derivazione è la seguente: data una funzione f(x) e una funzione g(f(x)), vale la seguente regola:

$$Dg(f(x)) = Dg * Df(x)$$

Esempio 1: data la funzione y= ln(f(x)), la derivata di y rispetto a x è pari a (1/f(x))*f'(x). Es: Consideriamo la funzione $y = \ln(x^2 + x)$. $\frac{dy}{dx} = \frac{1}{x^2 + x}(2x+1)$

<u>Differenziale di una funzione ad una variabile</u>

Definizione 2: Il differenziale di una funzione f(x) è definito come: $df(x) = f'(x) * dx$. Il differenziale della funzione ci permette di calcolare il cambiamento infinitesimale della funzione f in risposta ad un cambiamento piccolo della variabile x (vedi la Figura 1).

<u>Derivate di una funzione a più variabili:</u>

Consideriamo una funzione a n variabili $f(x_1, x_2, x_3, ..., x_n) = f(x)$ dove x è un vettore a n dimensioni, e consideriamo poi una variazione piccola della componente i-esima di f: $f(x_1, x_2, x_3, .x_i + \Delta x_i, x_{i+1}, .., x_n) - f(x_1, x_2, x_3, .x_i, .., x_n)$.

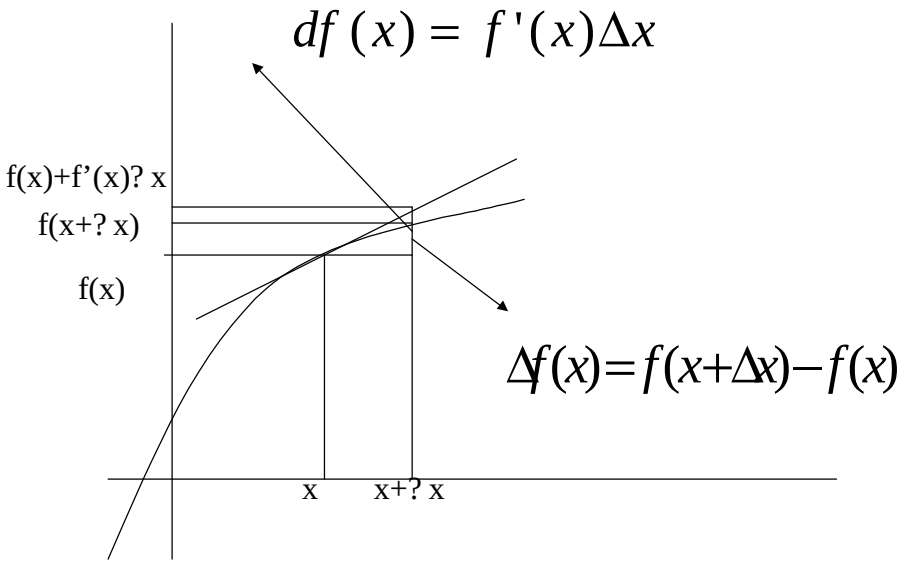
Definizione 3:

La derivata di f rispetto alla sua componente i-esima x_i è definita come:

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x_i} = \lim_{\Delta x_i \to 0} \frac{f(x_1, x_2, x_i + \Delta x_i, x_{i+1}, ..., x_n)) - f(x_1, x_2, ..., x_n)}{\Delta x_i}.$$

Spesso useremo f_{x_i} per indicare $\frac{\partial f(x)}{\partial x_i}$, che è anche conosciuta come derivata parziale fi f(x) rispetto alla sua componente i-esima.

Figura 2.1



<u>Differenziale totale di una funzione a più variabili:</u>

Nel caso di funzioni a più variabili è utile considerare il differenziale totale della funzione f(x), cioè considerare l'impatto totale di variazioni simultanee di tutti gli n componenti della funzione:

Definizione 4: definiamo differenziale totale della funzione a n variabili f(x), la seguente espressione:

$$df(x) = \frac{\partial f(x)}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial f(x)}{\partial x_2} dx_2 + ... + \frac{\partial f(x)}{\partial x_n} dx_n$$

Derivate di ordine superiore:

Data una funzione ad una variabile f(x), la derivata seconda di f, denotata come f''(x) è definita come $\frac{d(f'(x))}{\partial x}$, ovvero la derivata della derivata.

Data una funzione a due variabili $f(x_1, x_2)$, esistono tre derivate seconde:

$$\frac{\partial^2(f)}{\partial x_1^{\,2}} = \frac{\partial(\frac{\partial f}{\partial x_1})}{\partial x_1}; \frac{\partial^2(f)}{\partial x_2^{\,2}} = \frac{\partial(\frac{\partial f}{\partial x_2})}{\partial x_2}; \frac{\partial^2(f)}{\partial x_1 \partial x_2} = \frac{\partial(\frac{\partial f}{\partial x_1})}{\partial x_2} = \frac{\partial(\frac{\partial f}{\partial x_2})}{\partial x_1}$$

Il risultato per le funzioni a più variabili è estendibile al caso di funzioni a più variabili.

Funzioni concave: una funzione f è chiamata concava quando vale la seguente relazione: $f((1-t)a + tb) \geq (1-t)f(a) + tf(b)$, per ogni a, b e 0<t<1. Una funzione ad una variabile f(x) è concava quando la derivata seconda f''(x) è minore di zero.

Massimo di una funzione ad una variabile: il punto x_0 è un massimo locale della funzione $f(x)$ se: $f^{'}(x_0) = 0$ e $f^{''}(x_0) < 0$. In altre parole, per calcolare il massimo di una funzione occorre calcolare la derivata prima e porla uguale a zero e risolvere l'equazione. Se la derivata seconda calcolata nel punto in cui la derivata prima è nulla è inferiore di zero, siamo di fronte ad un massimo locale. In generale, se la funzione da massimizzare è concava, non occorre verificare il rispetto della condizione relativa alla derivata seconda.

Definizione 5: Una funzione $f(x_1, x_2, x_3, ...x_n) = f(x)$ omogenea di grado k ha la seguente proprietà. Per ogni scalare t>0, $f(tx) = t^k f(x)$. In particolare, una funzione è omogenea lineare nel caso in cui k=1: in questo caso $f(tx) = tf(x)$.

Teorema di Eulero:

Data una funzione a n variabili f(x), omogenea di grado k, vale la seguente relazione:

$$x_1 \frac{\partial f(x)}{\partial x_1} + x_2 \frac{\partial f(x)}{\partial x_2} + \ldots + x_n \frac{\partial f(x)}{\partial x_n} = kf(x)$$

Derivata di una funzione di funzione:

Supponiamo che f e h siano due funzioni differenziabili e che g sia una funzione composta di f e h, per cui $y = f(x)$ e $g(x) = h(f(x))$, dove x è un vettore a n variabili.

Allora la derivata parziale di g rispetto a x_i è: $\frac{\partial g(x)}{\partial x_i} = \frac{\partial h(y)}{\partial y} \frac{\partial f(x)}{\partial x_i}$

Elasticità:

La elasticità di una funzione y=f(x) è definita come segue: $h = \frac{x}{y}\frac{dy}{dx}$, e ci dice la variazione percentuale di y derivante da una variazione percentuale di x.

Un modo equivalente di scrivere l'elasticità è $h = \frac{d\ln(y)}{d(\ln x)}$

Infatti il numeratore può essere riscritto come: $d\ln(y) = \frac{1}{y}dy$, e il denominatore, analogamente, come $d\ln(x) = \frac{1}{x}dx$, per cui $h = \frac{d\ln(y)}{d(\ln x)} = \frac{\frac{1}{y}dy}{\frac{1}{x}dx} = \frac{dy}{dx}\frac{x}{y}$

2.2 Funzione di produzione

Nella teoria economica neoclassica la funzione di produzione è una relazione matematica che fissa il massimo ammontare producibile di output, dato un certo ammontare di fattori produttivi utilizzati. Dal punto di vista economico, la quantità di output che una impresa può ottenere da una determinata quantità di fattori produttivi (input) dipende dallo stato della tecnologia.

In generale, per rappresentare matematicamente la relazione complessa che lega le quantità di input utilizzate alla quantità di output ottenuta, gli economisti sono costretti ad introdurre una serie di assunzioni semplificatrici. In particolare, si assume che l'output sia legato agli input tramite una funzione continua, differenziabile in ogni punto e con derivate continue, e che gli input siano continuamente sostituibili fra loro: l'ultima assunzione, in particolare, ha una importante implicazione, vale a dire il fatto che una certa quantità di output può essere ottenuta sostituendo un fattore produttivo con un altro. In altre parole, si esclude la possibilità che per produrre un certo livello di output sia necessario una certa quantità del fattore produttivo x, indipendentemente dall'utilizzo del fattore produttivo y: al contrario, si assume che un dato livello produttivo possa essere ottenuto con diverse combinazioni dei fattori x e y.

Una funzione di produzione generica può essere rappresentata come segue:

$$Y = F(K, L) \tag{2.1}$$

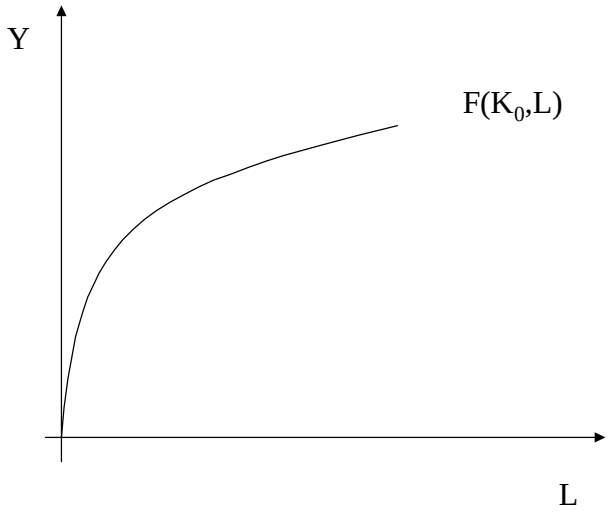
Nell'equazione 2.1, Y rappresenta l'output prodotto da una certa impresa, settore, o paese; K e L rappresentano, rispettivamente la quantità di capitale e di lavoro utilizzati nel processo produttivo e F è la forma funzionale che"trasforma" i fattori produttivi in output.

Il prodotto marginale del lavoro (capitale) è definito come $\frac{\partial Y}{\partial L} = F_L$ ($\frac{\partial Y}{\partial K} = F_K$) ed indica l'incremento di produzione derivante dall'incremento marginale del lavoro (capitale).

Legge dei rendimenti marginali decrescenti: Di solito si assume che il prodotto, o produttività, marginale del lavoro e del capitale siano decrescenti, vale a dire $\frac{\partial^2 Y}{\partial L^2} < 0$ e $\frac{\partial^2 Y}{\partial K^2} < 0$, il che implica che incrementi successivi di lavoro (capitale), data la quantità di capitale (lavoro) determinino un incremento di prodotto decrescente, cioè sempre minore.

L'ipotesi di produttività marginale decrescente può essere rappresentata, nel caso della funzione di produzione 2.1, dalla Figura 2.2:

Figura 2.2



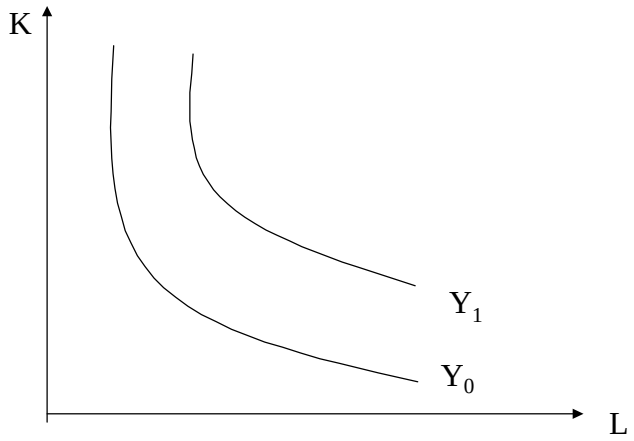
Nella Figura 2.2 abbiamo rappresentato la relazione esistente fra la quantità di lavoro utilizzata e il livello dell'output, per un dato livello di capitale K_0. Il prodotto marginale del lavoro è la pendenza della curva $F(K_0,L)$: come si può vedere, è positiva ma decrescente, man mano che la quantità di lavoro utilizzata di lavoro aumenta. Una figura simile potrebbe essere costruita nel caso del capitale.

Gli isoquanti della funzione di produzione rappresentano le differenti combinazioni di capitale e lavoro che permettono all'impresa di produrre un certo livello di output (vedi Figura 2.3)

Se prendiamo il differenziale totale della funzione di produzione rappresentata in 2.1, abbiamo:

$$dY = \frac{\partial F}{\partial K} dK + \frac{\partial F}{\partial L} dL \qquad (2.2)$$

Figura 2.3



L'equazione 2.2 ci dice la variazione dell'output conseguente a cambiamenti marginali di entrambi gli inputs K e L. L'isoquanto è il luogo dei punti in cui un dato livello di produzione, ad esempio, Y_0, può essere ottenuto con diverse combinazioni di capitale e lavoro: ad esempio, il livello di produzione Y_0 può essere ottenuto con combinazioni di lavoro e capitale che stanno sulla curva in basso a sinistra. In particolare, è possibile produrre il livello di produzione Y_0 sostituendo lavoro a capitale (cioè aumentando l'utilizzo di lavoro (dL>0) e riducendo l'impiego di capitale (dK<0)) scendendo lungo l'isoquanto. Perciò, siccome lungo un isoquanto la quantità di produzione non varia, possiamo porre dY uguale a zero nell'equazione 2.2, e ottenere che

$$\frac{\partial F}{\partial K} / \frac{\partial F}{\partial L} = -dL / dK \qquad (2.3)$$

L'equazione 2.3 ci dice che il saggio marginale di sostituzione tecnica, cioè il saggio al quale è necessario sostituire lavoro a capitale per continuare a produrre un certo ammontare di output , vale a dire dL/dK , è uguale, in valore assoluto, al rapporto fra le produttività marginali dei due input. In particolare, si assume che il saggio marginale di sostituzione sia, in valore assoluto, decrescente: nel nostro esempio, man mano che si sostituisce lavoro a capitale,occorre impiegare sempre più lavoro per sostituire il capitale se si vuole continuare a produrre lo stesso ammontare di output. Questo è una conseguenza diretta dell'assunzione di produttività marginale decrescente.

<u>Rendimenti di scala</u>:

Un altro concetto di primaria importanza è quello di rendimenti di scala nella produzione. Una funzione di produzione $F(K,L)$ ha rendimenti costanti di scala se, aumentando proporzionalmente tutti i fattori produttivi, l'output aumenta nella stessa proporzione. Ricordando la definizione di funzione omogenea di grado k, una funzione di produzione omogenea $F(K,L)$ ha rendimenti di scala costanti se è linearmente omogenea, vale a dire omogenea di grado 1: $F(tK,tL) = tF(K,L)$.

Più in generale, se la funzione di produzione è omogenea di grado k, $F(tK,tL) = t^K F(K,L)$: se K<1, i rendimenti di scala sono decrescenti (un aumento proporzionale dei fattori produttivi genera un incremento meno che proporzionale dell'output), se K>1 i rendimenti di scala sono crescenti (un aumento proporzionale dei fattori produttivi genera un incremento più che proporzionale dell'output) e infine, per K=1, i rendimenti di scala sono costanti.

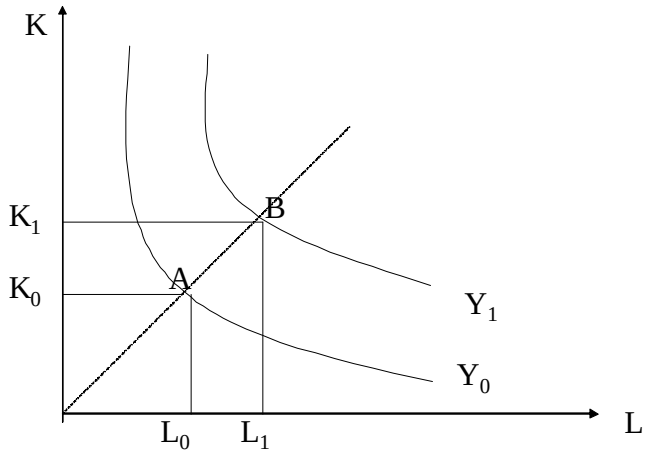
Nel caso di funzioni di produzione a livello aggregato, vale a dire rappresentative di un intera economia, si assume generalmente che i rendimenti di scala siano costanti. Questa assunzione viene di solito giustificata sulla base di due assunzioni:

1. Si assume che l'economia presa in considerazione sia sufficientemente grande per cui eventuali vantaggi derivanti da una maggiore specializzazione del lavoro non sarebbero più ottenibili. Generalmente, in economie piccole, i fattori produttivi sono occupati in mansioni

talora molto diverse fra loro. Al crescere della produzione è possibile ridurre la tipologia di mansioni svolte da ogni input nel processo produttivo, per cui raddoppiando l'ammontare di capitale e lavoro si otterrebbe un ammontare di output più che proporzionale. In economie "grandi", questi vantaggi della specializzazione è probabile che siano già stati esauriti, per cui se il lavoro e il capitale raddoppiano essi sarebbero utilizzati essenzialmente nello stesso modo, per cui la produzione raddoppierebbe.

2. Si assume che altri possibili inputs, come la terra e le risorse naturali siano relativamente poco importanti.

Figura 2.4



In Figura 2.4 abbiamo riprodotto la Figura 2.4, ma abbiamo tracciato un raggio dall'origine, per cui i punti A e B hanno lo stesso rapporto capitale/lavoro. In particolare, nel punto B la quantità di lavoro e capitale è cresciuta nella stessa proporzione. In particolare, sia il capitale che il lavoro sono aumentati del 50 %. Se i rendimenti di scala sono costanti,Y_1 sarà 1.5 volte Y_0: se i rendimenti sono crescenti, Y_1 sarà maggiore di 1.5 volte Y_0 e viceversa nel caso di rendimenti decrescenti di scala. Di solito, a livello macroeconomico viene comunemente fatta l'assunzione che

i rendimenti di scala siano costanti, cioè che la funzione di produzione aggregata sia linearmente omogenea.

Un'altra grandezza rilevante ai fini dell'analisi di una funzione di produzione è la elasticità di sostituzione, che ci dice la variazione percentuale del rapporto capitale/lavoro (vale a dire l'intensità di capitale del processo produttivo) in risposta ad una variazione percentuale nel rapporto fra i prodotti marginali dei singoli fattori produttivi (che è a sua volt uguale al saggio marginale di sostituzione tecnica).

In particolare, l'elasticità di sostituzione è definita come:

$$s = \frac{d(K/L)}{d(F_L/F_K)} \frac{F_L/F_K}{K/L} \qquad (2.4)$$

L'elasticità di sostituzione fra K e L ci dice, in altre parole, la variazione proporzionale del rapporto capitale lavoro divisa per la variazione proporzionale del rapporto fra i prodotti marginali del capitale e lavoro, che a sua volta è uguale al saggio marginale di sostituzione tecnica. Valori bassi dell'elasticità di sostituzione ci dicono che i fattori sono di difficile sostituzione. Viceversa, nel caso di perfetta sostituibilità, l'elasticità di sostituzione tende a crescere, fino a divenire infinita (cioè: è facile sostituire capitale e lavoro lungo l'isoquanto).

<u>Semplificazioni alla base del concetto di funzione di produzione</u>: al fine di derivare forme funzionali non troppo difficili da trattare, gli economisti hanno introdotto numerose semplificazioni, soprattutto in relazione ai rendimenti di scala, elasticità di sostituzione, etc. Alcune delle semplificazioni più importanti riguardano tuttavia l'assunzione che i fattori produttivi capitale e lavori siano omogenei. Vale a dire spesso si ignora il fatto che i lavoratori non sono omogenei: ad esempio, spesso si ignora che un'ora di lavoro fornita da un lavoratore a bassa qualifica è "diversa" rispetto ad un'ora di lavoro fornita da un ingegnere specializzato. Similmente, si ignora il fatto che i servizi resi da beni capitali diversi siano probabilmente alquanto diversi: esempio: un edificio, un tornio, un robot, un computer. In alcune analisi più sofisticate gli economisti hanno cercato di tenere conto della eterogeneità degli inputs (vedremo come in seguito).

3. Il modello di Crescita di Solow senza progresso tecnico.

La funzione di produzione

Consideriamo una funzione di produzione del seguente tipo:

$$Y(t) = F(K(t), L(t)) \qquad (3.1)$$

Nell'equazione 1 Y, K e L indicano, rispettivamente l'output e la quantità di lavoro e capitale utilizzati ne processo produttivo. L'indice t indica il tempo, che entra nella funzione di produzione 1 solo attraverso il capitale e il lavoro, che pertanto si assume varino nel corso del tempo? Y varia perché K e L variano nel corso del tempo.

<u>Ipotesi 1</u>: la funzione di produzione in 1 è linearmente omogenea? ci sono rendimenti costanti di scala:

$$F(tK, tL) = tF(K, L) \qquad (3.2)$$

Il fatto che vi siano rendimenti di scala costanti ci permette di lavorare con la funzione di produzione in forma "intensiva". Ponendo $t = 1/L$, abbiamo che: $F(\frac{K}{L},1) = \frac{1}{L}F(K,L)$.

$\frac{1}{L}F(K,L)$ non è altro che il prodotto per lavoratore e $\frac{K}{L}$ è il rapporto capitale/lavoro e indica l'intensità di capitale della tecnologia produttiva. Chiamiamo $k = \frac{K}{L}$, $y = \frac{Y}{L}$ e $f(k) = F(k,1)$.

Possiamo perciò riscrivere la 3.2 come:

$$y = f(k) \qquad (3.3)$$

L'equazione 3.3 esprime il prodotto per lavoratore come funzione del capitale per lavoratore. L'ammontare totale di output nell'economia può essere calcolato moltiplicando il lato destro dell'equazione 3.3 per L: $Y = Lf(k)$.

<u>Ipotesi 2</u>: si assume che la funzione di produzione in 3.3 soddisfa le seguenti condizioni: $f(0) = 0;\ f'(k) > 0;\ f''(k) < 0$. La prima condizione ci dice che quando il rapporto capitale-prodotto è nullo, l'output per lavoratore è nullo a sua vota. La seconda condizione che l'output per lavoratore è una funzione crescente del capitale per lavoratore. La terza condizione che la 3.3 è una funzione concava, vale a dire al crescere del rapporto capitale lavoro il prodotto per lavoratore cresce ma a tassi decrescenti.

Possiamo notare che $f'(k)$ è il prodotto marginale del capitale. Infatti, sappiamo che $F(K,L) = Lf(K/L)$ Per cui, $\frac{\partial F(K,L)}{\partial K} = \frac{\partial Lf(K/L)}{K} = Lf'(k)\frac{1}{L} = f'(k)$ Per cui $f''(k) < 0$ implica che il prodotto marginale del capitale è positivo ma decrescente, cioè diminuisce quando il rapporto capitale-lavoro sale.

La produttività marginale del lavoro sarà, nel caso della funzione scritta in forma intensiva:

$$\frac{\partial F(K,L)}{\partial L} = \frac{\partial Lf(K/L)}{\partial L} = f(k) + Lf'(k)K(-\frac{1}{L^2}) = f(k) - kf'(k)$$

<u>Ipotesi 3</u>: Valgono le condizioni di Inada: $\lim_{k\to 0} f'(k) = \infty; \lim_{k\to\infty} f'(k) = 0$. La prima condizione ci dice che il prodotto marginale del capitale è molto grande quando il rapporto capitale-lavoro è molto piccolo, per cui il prodotto marginale del capitale dovrebbe essere molto alto nei paesi poveri. La seconda condizione ci dice che quando il rapporto capitale-lavoro è molto grande, il prodotto marginale del capitale tende a zero.

Un esempio di funzione di produzione che rispetti tutte le condizioni sopra elencate è la Cobb-Douglas (CD):

$$F(K,L) = K^a L^{1-a} \qquad , \ 0 < a < 1 \qquad (3.4)$$

Esercizio: a) mostrare che i rendimenti di scala sono costanti; b) scrivere la 4 in forma intensiva; c) mostrare che il prodotto marginale del capitale è positivo ma decrescente.

NB: a rappresenta la quota del prodotto Y spettante al fattore capitale. Dimostrazione: siccome vale il Teorema di Eulero, possiamo scrivere: $\frac{F_k K}{Y} + \frac{F_L L}{Y} = 1$. Inoltre sappiamo che, nel caso di concorrenza perfetta, il prodotto marginale di ogni input è uguale al prezzo dell'input stesso, per cui $\frac{rK}{Y} + \frac{wL}{Y} = 1$, dove r e w sono i prezzi del lavoro e del capitale. Per cui $\frac{F_k K}{Y}$ rappresenta la quota del prodotto "spettante" al capitale e $\frac{F_L K}{Y}$ la quota "spettante" al lavoro

Nel caso della CD, abbiamo: $F_k = aK^{a-1}L^{1-a} = a\frac{Y}{K}$ e $F_L = (1-a)K^a L^{-a} = (1-a)\frac{Y}{L}$, per cui la quota del capitale sarà data da $a\frac{Y}{K}\frac{K}{Y} = a$ e la quota spettante al lavoro sarà data da $(1-a)\frac{Y}{L}\frac{L}{Y} = (1-a)$. Perciò gli esponenti della funzione CD rappresentano le quote distributive dei fattori capitale e lavoro.

Ipotesi 4

Il fattore lavoro è assunto come omogeneo: tutti i lavoratori sono uguali, per cui un ora lavoro di ogni lavoratore è ugualmente produttiva. Inoltre non esiste disoccupazione, per cui gli occupati vengono fatti coincidere, per semplicità, con gli occupati.

Ipotesi 5: l'economia è chiusa e non esiste governo (vedi sotto)

Evoluzione degli inputs nel tempo

Abbiamo detto che, in questa versione del Modello di Solow, il prodotto Y varia nel tempo unicamente perché variano gli inputs capitale e lavoro. Dobbiamo ora specificare come variano il capitale ed il lavoro.

Fattore lavoro

Nel caso del fattore lavoro, assumiamo che cresca ad un tasso costante:

$$\dot{L}(t) = nL(t) \tag{3.5}$$

Nell'equazione 3.5 e seguenti, un puntino sopra una variabile indica una derivata rispetto al tempo (cioè $\dot{X}(t) = dX(t)/dt$) e n è un parametro esogeno, assunto cioè come dato. Ora, la 5 può essere riscritta come:

$$\frac{\dot{L}(t)}{L(t)} = n \tag{3.6}$$

L'equazione 3.6 dice che il tasso di crescita del fattore lavoro è costante ed uguale ad n, che nel lungo periodo è uguale al tasso di crescita della popolazione.

Ora, sappiamo (vedi la sezione di ripasso di matematica), che il tasso di crescita di un variabile è uguale al tasso di variazione del logaritmo della variabile stessa, per cui possiamo scrivere che:

$$\frac{d \ln L(t)}{dt} = \frac{d \ln L(t)}{dL(t)} \frac{dL(t)}{dt} = \frac{1}{L(t)} \dot{L}(t) \tag{3.7}$$

La soluzione di questa equazione differenziale è:

$$\ln L(t) = \ln L(0) + nt \tag{3.8}$$

La 3.8 dice che il log del fattore lavoro cresce in modo lineare al tasso n.

Prendendo l'esponenziale della 8, abbiamo che:

$$L(t) = L(0)e^{nt} \tag{3.9}$$

La 3.8 ci dice che il fattore lavoro cresce ad un tasso esponenziale.

Fattore capitale

Sappiamo dal corso di Economia II che, in una economia chiusa e senza governo, vale la seguente identità contabile:

$$Y(t) = C(t) + I(t) \tag{3.10}$$

Il prodotto viene infatti diviso in consumo ed investimento.

Ipotesi 6: la quota di prodotto che è investita è esogena, costante ed uguale ad s: $I(t) = sY(t)$

Ipotesi 7: una unita di output investita produce una unità di capitale, cioè i beni capitali sono prodotti con la stessa tecnologia dei beni finali.

Ipotesi 8: il capitale si deprezza al tasso d

L'investimento netto può essere visto come l'aggiunta allo stock di capitale in un dato periodo di tempo, per cui il tasso di variazione del capitale può essere visto come l'ammontare di investimento realizzato al netto del deprezzamento:

$$\dot{K}(t) = sY(t) - dK(t) \tag{3.11}$$

Principali punti deboli del modello: a) c'è un unico bene; b) non vengono considerate fluttuazioni nell'occupazione; c) non vi è disoccupazione; d) il tasso di risparmio, di deprezzamento e di crescita della popolazione sono assunti come dati. In particolare, il tasso di risparmio ha mostrato un certo trend crescente nel corso del tempo; e) il tasso di crescita della popolazione è assunto come esogeno, mentre sembra esservi sufficiente evidenza empirica che esso tenda a decrescere con il grado di sviluppo economico della popolazione.

Soluzione del Modello

Ricordandoci che k= K/L, possiamo scrivere il tasso di variazione del capitale per lavoratore come:

$$\dot{k}(t) = \frac{\dot{K}(t)}{L(t)} - \frac{K(t)\dot{L}(t)}{L(t)^2} = \frac{\dot{K}(t)}{L(t)} - \frac{K(t)}{L(t)}\frac{\dot{L}(t)}{L(t)} \tag{3.12}$$

Ora, sappiamo che $\frac{\dot{L}(t)}{L(t)} = n$; $\frac{K(t)}{L(t)} = k$ e $\dot{K}(t) = sY(t) - dK(t)$. Pertanto, la 12 può essere riscritta come:

$$\dot{k}(t) = \frac{sY(t) - dK(t)}{L(t)} - k(t)n = s\frac{Y(t)}{L(t)} - d\frac{K(t)}{L(t)} - n\frac{K(t)}{L(t)}. \tag{3.13}$$

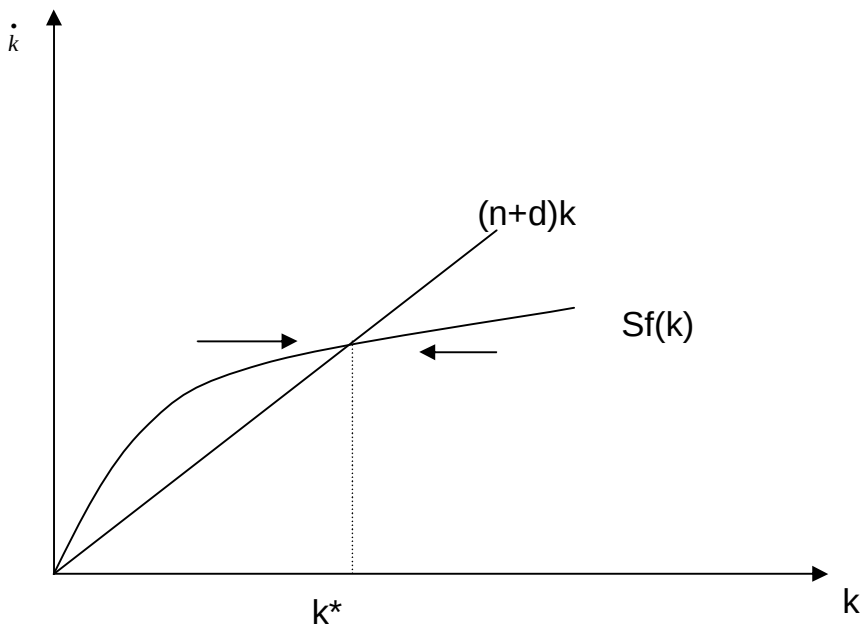
La 3.13 può essere riscritta come:

$$\dot{k}(t) = sf(k) - (n+d)k \qquad (3.14)$$

L'equazione 3.14 è l'equazione fondamentale del Modello di Solow.

Ci dice che il tasso di variazione del capitale per lavoratore è uguale all'investimento per lavoratore meno il cosiddetto investimento di "break even", vale a dire l'ammontare di investimento che deve essere fatto nel sistema economico per mantenere il capitale per addetto costante. Infatti il capitale si deprezza, e quindi per mantenere il capitale per addetto costante è necessario che una parte del capitale (dk) venga investito. Analogamente, la popolazione cresce, per cui non è sufficiente mantenere lo stock di capitale K costante al fine di mantenere il capitale per addetto costante, proprio perché occorre equipaggiare i nuovi lavoratori con lo stesso capitale degli altri: è necessario che il capitale K cresca al tasso n per mantenere il capitale per addetto costante.

Figura 3.1



Globalmente, visto l'esistenza del deprezzamento e della crescita della popolazione, lo stock di capitale K deve crescere al tasso $n+d$ affinché il capitale per lavoratore sia costante.

Quando l'investimento per lavoratore eccede l'investimento di break even, il capitale per lavoratore cresce, quando succede l'opposto, il capitale per lavoratore decresce e quando i due sono uguali, il capitale per lavoratore è costante (il suo tasso di variazione è uguale a zero).

L'investimento totale realizzato nell'economia è uguale all'investimento di break-even quando le due curve si incontrano, in corrispondenza di un capitale per addetto uguale a k*.

Investimento effettivo e investimento di break-even sono uguali per k=0, in quanto $f(0) = 0$. Le condizioni di Inada ci dicono per k=0, il prodotto marginale del capitale (f(k)), è grandissimo (in altre parole, un incremento piccolo dello stock di capitale per addetto aumenta molto l'output per addetto), per cui la curva $sf(k)$ è molto inclinata (la sua pendenza dipende infatti da $f'(k)$, che è molto grande, per le condizioni di Inada) e, quel che più conta, più inclinata della curva $(n+d)k$, che ha pendenza $(n+d)$.

Pertanto, per valori <u>inferiori</u> a k*, l'investimento effettivo realizzato nell'economia <u>eccede</u> l'investimento di break-even, cioè l'economia risparmia più di quanto sia necessario per equipaggiare i lavoratori con uno stock di capitale tale per cui il capitale per addetto è costante, e quindi il capitale per addetto tende a <u>crescere</u> (la freccia in Figura 1 punta verso destra).

Le condizioni di Inada ci dicono anche che il prodotto marginale del capitale tende a zero per valori del capitale per addetto molto grandi (Legge dei rendimenti decrescenti), per cui la pendenza della curva $sf(k)$ tende a zero.

Pertanto, vi sarà necessariamente un punto in corrispondenza del quale l'investimento effettivo sarà uguale a quello di brek-even (NB: la pendenza della retta $(n+d)k$ non dipende da k), e questo avviene in corrispondenza del rapporto capitale-lavoro pari a k* dove le due curve si intersecano. Inoltre, poiché $f''(k) < 0$, le due curve non si intersecheranno una seconda volta.

Se l'economia dovesse trovarsi a destra di k*, l'economia sarebbe n una situazione in cui il risparmio consentirebbe un investimento effettivo <u>inferiore</u> all'investimento di break-even, per cui il

capitale per addetto tenderebbe a diminuire (la freccia in Figura 1 punta verso destra) e l'economia convergerebbe verso k*.

In altre parole, sia che l'economia si trovi a sinistra o a destra di k*, il capitale per addetto tenderà a convergere a k*.

L'economia tende pertanto, nel lungo periodo, a convergere ad un rapporto capitale-lavoro pari a k*.

Il rapporto capitale-lavoro k* è noto come rapporto capitale lavoro di *stato stazionario*. Più in generale, nel Modello di Solow l'economia converge ad un *sentiero di crescita bilanciata* –una situazione in cui ogni variabile del modello sta crescendo ad un tasso costante.

Ci chiediamo pertanto cosa succeda alle principali variabili macroeconomiche in corrispondenza di k*, cioè in stato stazionario

- L'ammontare di lavoratori L cresce al tasso n
- Lo stock di capitale K è uguale, per definizione, a Lk, per cui in k*, k, lo stock di capitale per addetto, non varia, pertanto K crescerà al tasso n.
- Se L e K crescono al tasso n, anche Y crescerà al tasso n (rendimenti costanti di scala).
- Di conseguenza, y, l'output per addetto, sarà costante.

Pertanto, il Modello di Solow implica che, indipendentemente dal rapporto capitale-lavoro di partenza, l'economia converge ad un tasso di crescita bilanciato dove il capitale per addetto e il prodotto per addetto sono costanti.

Matematicamente, il capitale per addetto di equilibrio può venire calcolato, un volta specificata una forma funzionale per la funzione di produzione (di solito la Cobb-Douglas,), ponendo a zero il lato sinistro dell'equazione 14.

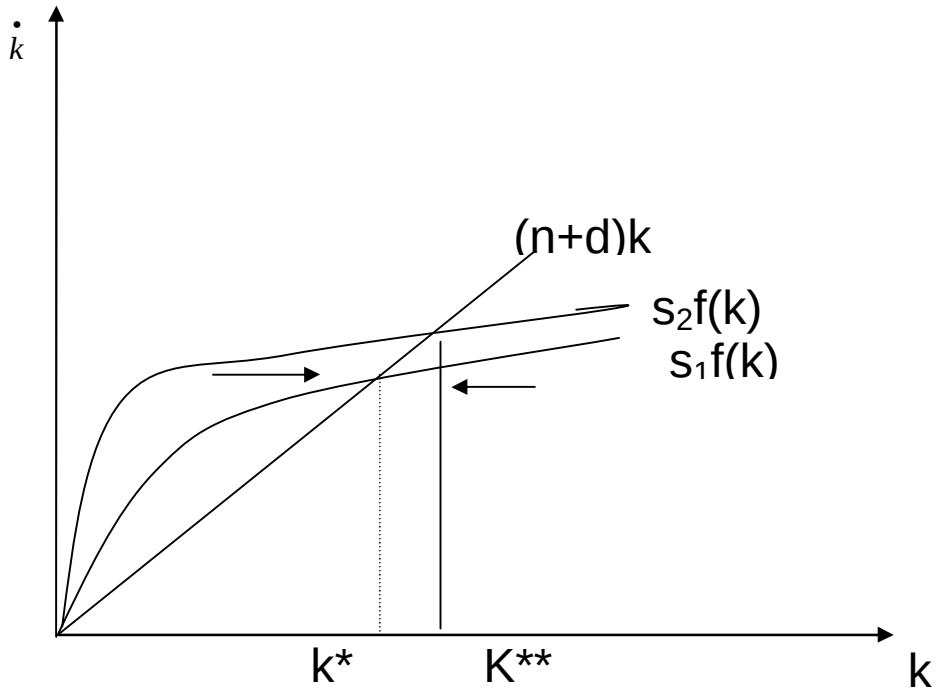
NB: il modello di Solow, così come lo abbiamo descritto, è incapace di spiegare la crescita secolare nel prodotto pro capite che abbiamo visto nella prima lezione. Il perché questa versione del Modello di Solow non permette di avere crescita bilanciata positiva nel PIL pro capite dipende dall'esistenza di rendimenti marginali decrescenti dello stock di capitale. Aggiunte di capitale

generano incrementi di prodotto via via inferiori, fino ad un punto in cui l'investimento effettuato nell'economia utilizzando il risparmio non è sufficiente ad equipaggiare i lavoratori con uno stock di capitale costante.

Rinviando la trattazione matematica al Modello di Solow con progresso tecnico, possiamo vedere, graficamente, l'effetto di un incremento nel tasso di risparmio.

Consideriamo la Figura 3.2, che è equivalente alla Figura 3.2, ma dove abbiamo rappresentato graficamente l'effetto di un aumento del tasso di risparmio *s*.

Figura 3.2



La curva che indica l'investimento effettivo è traslata verticalmente, in quanto l'economia risparmia (e quindi investe) un ammontare più elevato di risorse. Vediamo la dinamica che caratterizza

l'incremento del tasso di risparmio da s1 a s2. Inizialmente l'economia si trova in una situazione di stato stazionario in k*. Successivamente all'incremento nel tasso di risparmio, l'investimento effettivo supera l'investimento di break-even (il maggior risparmio fa si che l'economia investa più risorse di quanto sarebbe necessario per mantenere k costante): k tende pertanto a crescere e, con esso, il prodotto per addetto, il che implica un tasso di crescita positivo nel prodotto per addetto. Tuttavia, il capitale ha rendimenti decrescenti, il che implica che, progressivamente, l'economia convergerà ad un nuovo equilibrio di stato stazionario, in corrispondenza di un rapporto capitale-prodotto più alto (k**), e di un prodotto pro-capite più elevato. Una volta giunti a k**, tuttavia, k non cresce più, e con esso il prodotto pro capite, per cui l'effetto dell'incremento del tasso di risparmio sul tasso di crescita del prodotto pro-capite è solo temporaneo. Nel lungo periodo l'output pro-capite è più elevato, ma il tasso di crescita del prodotto pro-capite è nuovamente uguale a zero. In altre parole, aumentare il tasso di risparmio può far crescere il prodotto pro-capite solo temporaneamente. Inoltre, siccome s<1, non è possibile per una economia incrementare il prodotto pro capite aumentando in più fasi il tasso di risparmio.

Data l'esistenza di rendimenti decrescenti del capitale, affinché il prodotto pro capite cresca ad un tasso positivo occorrerebbe che il capitale per addetto crescesse più velocemente della produzione per addetto, il che implicherebbe che l'economia dovrebbe allocare una quota sempre maggiore di prodotto all'accumulazione di capitale, ma ad un certo punto non ci sarà più prodotto da destinare all'accumulazione di capitale.

Se vogliamo spiegare il processo di crescita economica, occorre pertanto modificare questa versione semplificata del Modello di Solow. In particolare, occorre "permettere" al livello del prodotto, di crescere non solo attraverso il capitale e il lavoro. E' relativamente semplice modificare il Modello di Solow e renderlo compatibile con il processo secolare di crescita del prodotto pro capite attribuendo nel Modello un ruolo al progresso tecnico.

Prima di analizzare il Modello di Solow con progresso tecnico è necessario discutere cosa intendiamo con progresso tecnico e le diverse tipologie e forme di progresso tecnico identificate dagli economisti.

4 Progresso tecnico: definizioni e tipologie.

L'elemento principale di insoddisfazione del Modello di Solow è che l'economia converge ad un equilibrio in cui il prodotto pro-capite, il rapporto capitale-lavoro e il consumo per persona sono costanti.

Ciò non solo è sconfortante, in quanto implica che gli standard di vita non salgono (a meno che non si pensi che siamo ancora nella fase di aggiustamento verso l'equilibrio), ma appare anche in contraddizione con alcuni "fatti stilizzati", ovverosia regolarità empiriche identificate nei primi anni sessanta dall'economista inglese Kaldor.

Kaldor infatti identificò, per una serie di paesi, una serie di regolarità empiriche, alcune delle quali sarebbero contraddette dalla versione del Modello di Solow che abbiamo presentato nella sezione precedente.

In particolare, Kaldor riscontrò che:

1. Il prodotto per occupato è cresciuto a tassi sostanzialmente costanti nel corso dell'ultimo secolo senza alcuna tendenza a diminuire;
2. Il rapporto capitale lavoro è anch'esso cresciuto nel corso del tempo, ad un tasso simile a quello del prodotto per occupato;
3. Di conseguenza, il rapporto capitale-prodotto è rimasto sostanzialmente costante nel corso del tempo
4. Il salario reale è cresciuto nel corso del tempo
5. La quota dei salari e del capitale sul totale del reddito è rimasta pressoché costante nel corso del tempo
6. Il tasso di rendimento del capitale è rimasto sostanzialmente costante nel corso del tempo.
7. Il tasso di crescita del capitale per occupato differisce sostanzialmente fra paesi

Se non crediamo che il sistema economico sia da secoli lontano dall'equilibrio di stato stazionario, l'unica alternativa per riconciliare il Modello di Solow con i fatti stilizzati di Kaldor è quella di

assumere che i rapporti capitale-lavoro e prodotto-lavoro di stato stazionario siano stati spinti verso destra, nella Figura 3.1, dall'esistenza di *"progresso tecnico"*.

Tipologie di progresso tecnico: possiamo distinguere fondamentalmente due grandi categorie di progresso tecnologico:

1. Introduzione di nuovi prodotti, di prodotti di qualità migliore o di una maggior varietà di prodotti (innovazione di prodotto);
2. Miglioramenti nel modo di produrre prodotti già esistenti, sia grazie alla tecnologia che grazie a migliori procedure organizzative (innovazione di processo)[1], che consentono di ottenere più prodotto da un certo ammontare di input.

Sebbene qualitativamente diverse, le innovazioni di processo e di prodotto possono essere considerate congiuntamente. Infatti, mentre le innovazioni di processo hanno la caratteristica di consentire di produrre un dato prodotto a costi minori, utilizzando cioè una quantità minore di almeno un fattore produttivo, le innovazioni di prodotto consentono l'introduzione di nuovi beni, che prima erano irrealizzabili. Tuttavia, queste ultime possono, in un certo senso, essere ricondotte alle prime in quanto un nuovo prodotto può essere visto come un prodotto la cui realizzazione avrebbe richiesto quantità tali di input da renderla impraticabile e che solo un'innovazione di processo ha permesso di ridurre la quantità di inputs necessarie per realizzare il prodotto. Un esempio particolarmente calzante e quello fatto da Garella e Lambertini: il passaggio dal disco in vinile al CD può essere visto come una innovazione di prodotto, ma questa ultima non può essere ottenuta senza aver prima ottenuto una innovazione di processo, consistente nella capacità di immagazzinare informazione tramite una sequenza di bit, invece che tramite un'incisione (come nel caso del disco di vinile).

D'altra parte, poiché i consumatori sono interessati ai servizi forniti da un certo bene, entrambi i tipi di innovazione possono essere visti come un incremento nei servizi ottenibili dai consumatori: una

[1] Vi è chi considera anche altre forme di innovazione, quali la creazione di nuovi mercati e la scoperta di nuovi fattori produttivi o "nuovi modi" di fare le cose, come ad esempio nel caso del Fordismo, just-in time, società per azioni, ecc.

automobile migliore è più sicura, mentre un nuovo prodotto come il fax fornisce più informazioni del telefono, ecc.

Naturalmente non tutte le innovazioni di prodotto possono essere strettamente riconducibili a questo schema. Tuttavia ipotizzeremo, come di solito si fa, che tutte le innovazioni possano essere ricondotte ad innovazioni di processo che consentono di produrre un certo ammontare di prodotto utilizzando meno inputs o, equivalentemente, di produrre un ammontare maggiore di output dallo stesso ammontare di input.

Occorre notare che, se da un lato alcune innovazioni sono frutto di scoperte casuali, altre sono la conseguenza di attività specifica volta alla "scoperta" di innovazioni (spesa in R&S), portata avanti nei laboratori delle università, degli enti di ricerca e delle aziende.

In prima approssimazione, faremo l'ipotesi che il progresso tecnico sia sostanzialmente esogeno, vale a dire non considereremo le condizioni che possono promuovere l'introduzione di innovazioni nel sistema economico e quindi il ritmo del progresso tecnologico (questo verrà fatto più avanti).

Le innovazioni e, quindi, il progresso tecnologico, possono assumere varie forme:

Innovazioni risparmiatrici di lavoro: un'innovazione è definita come risparmiatrice di lavoro quando permette di ridurre la quantità di lavoro -relativamente alla quantità di capitale- necessaria per produrre un certo ammontare di bene ottenibile da una data funzione di produzione,

Innovazioni risparmiatrici di capitale: un'innovazione è definita come risparmiatrice di capitale quando permette di ridurre la quantità di capitale – relativamente alla quantità di lavoro- necessaria per produrre un certo ammontare di bene ottenibile da una data funzione di produzione.

Innovazioni neutrali: le innovazioni che non riducono un input relativamente più dell'altro nel processo produttivo sono definite neutrali.

Inserimento del progresso tecnico nella funzione di produzione

Il modo più semplice per incorporare il progresso tecnico nel Modello di Solow è quello di "inserire" il progresso tecnico nella funzione di produzione, di modo che variazioni nel livello della

tecnologia indotte dal progresso tecnologico determino incrementi nel livello dell'output ottenibili da una certa combinazione di capitale e lavoro.

Ad esempio, una funzione di produzione incorporante il progresso tecnico potrebbe essere scritta nel modo seguente:

$$Y(t) = F(K(t), L(t), A(t)) \qquad (4.1)$$

La definizione di progresso tecnico neutrale dipende dal significato preciso che attribuiamo al concetto di risparmiatore di lavoro o risparmiatore di capitale.

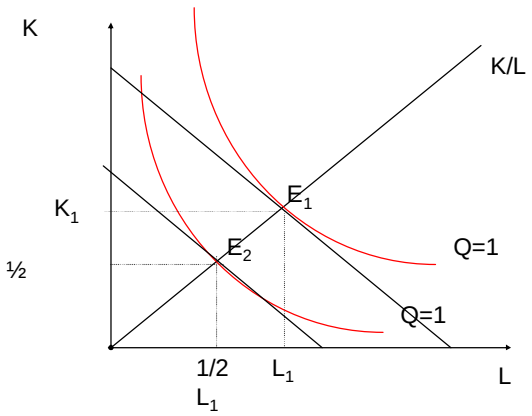
Storicamente, tre definizioni di progresso tecnico neutrale sono state avanzate.

Hicks (1932) considera un'innovazione tecnologica come neutrale quando mantiene inalterato il rapporto fra i prodotti marginali del lavoro e del capitale, per un certo rapporto capitale-lavoro. Questa definizione di progresso tecnico neutrale corrisponde, in pratica, ad una rinumerazione degli isoquanti. Una Funzione di produzione caratterizzata da progresso tecnico neutrale secondo Hicks può essere scritta come:

$$Y(t) = F(K(t), L(t), B(t)) = B(t)F(K(t), L(t)) \qquad (4.2)$$

$B(t)$ è l'indice che rappresenta il livello della tecnologia.

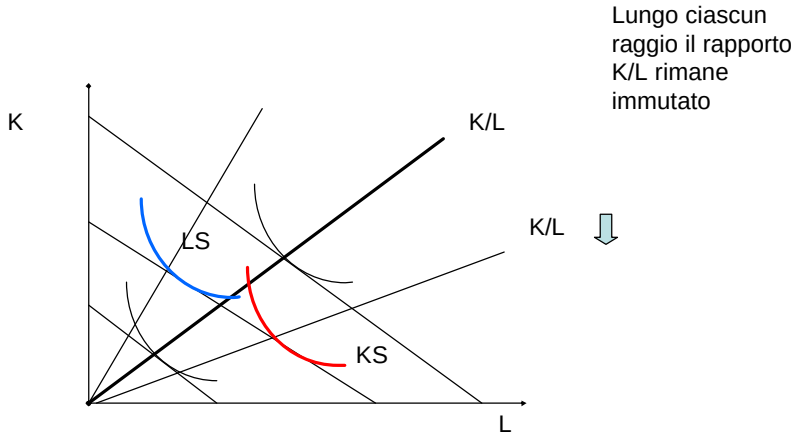
Figura 4.1. Progresso tecnico Neutrale secondo Hicks



Nella figura 4.1 vediamo l'esempio di progresso tecnico neutrale nel senso di Hicks. La retta K/L è il luogo dei punti cui il rapporto capitale-lavoro è costante Le linee in rosso sono gli isoquanti della funzione di produzione. Nella sezione 2 abbiamo visto che la pendenza degli isoquanti ci dice il rapporto fra le produttività marginali del lavoro e del capitale. Nel caso di progresso tecnico neutrale, i punti E_1 e E_2, caratterizzati dallo stesso rapporto capitale-lavoro, gli isoquanti hanno la stessa pendenza: in E_2 è possibile produrre la stessa quantità di output che in E_1 usando esattamente la metà sia di lavoro che di capitale: l'innovazione è stata tale da aumentare la produttività marginale dei due fattori nella stessa misura (per cui la pendenza degli isoquanti è rimasta costante). Il progresso tecnico neutrale ha la caratteristica di determinare uno spostamento della funzione di produzione verso l'alto per un dato rapporto capitale-lavoro.

Un'innovazione è definita risparmiatrice di lavoro nel senso di Hicks se, in conseguenza di essa, la produttività marginale del lavoro aumenta meno di quella del capitale (ad un dato rapporto capitale lavoro) e risparmiatrice di capitale se la produttività marginale del capitale aumenta meno di quella del lavoro (ad un dato rapporto capitale prodotto). La Figura 4.2 ne dà un'illustrazione grafica.

Figura 4.2 Progresso tecnico risparmiatore di lavoro e di capitale



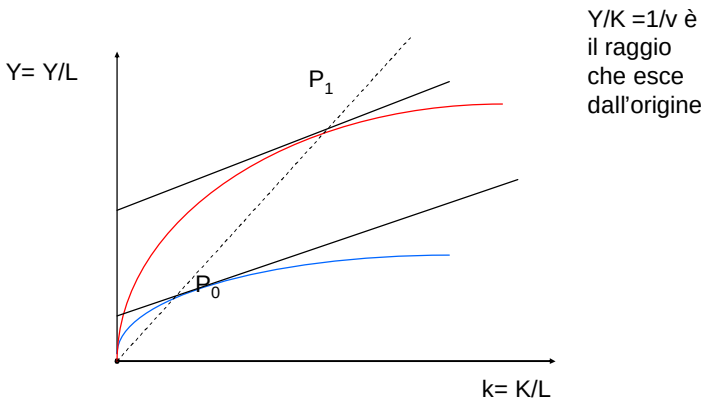
Una differente definizione di progresso tecnico neutrale è quella fornita da Harrod (1942): una innovazione è neutrale, nel senso di Harrod, se lascia inalterato il rapporto fra le quote distributive di capitale e lavoro, per un dato rapporto capitale-prodotto. Questa definizione implica che una funzione di produzione caratterizzata da progresso tecnico neutrale nel senso di Harrod può essere scritta come:

$$Y(t) = F(K(t), B(t)L(t)) \qquad (4.3)$$

$B(t)$ è l'indice rappresentativo della tecnologia.

Questa forma di progresso tecnico è anche nota come "labour augmentig" o accrescitiva del lavoro perché tende ad incrementare il prodotto in modo equivalente ad un incremento nella quantità di lavoro.

Figura 4.3: Progresso tecnico neutrale nel senso di Harrod



In Figura 4.3 abbiamo rappresentato la funzione di produzione scritta in forma intensiva. In conseguenza della innovazione, la funzione di produzione si trasla versa l'alto. L'innovazione è neutrale nel senso di Harrod in quanto in P_0 e P_1 -che si trovano sullo stesso raggio dall'origine, e quindi sono caratterizzati dallo stesso rapporto capitale-prodotto- la pendenza delle funzioni di produzione (la vecchia e la nuova) sono uguali. Pertanto, anche il prodotto marginale del capitale e, quindi, il prezzo del capitale, sono uguali in P_0 e P_1 . Siccome il rapporto K/Y è costante, ne segue che il rapporto PMk*K/Y, vale a dire la quota distributiva spettante al capitale è uguale in P_0 e P_1 e quindi anche la quota spettante ai salari e quindi anche il rapporto fa le quote distributive, come richiesto dalla definizione di neutralità proposta da Harrod (NB il PMk, cioè il prodotto marginale del capitale è dato dalla pendenza della funzione di produzione scritta in forma intensiva).

La terza definizione di neutralità è quella proposta da Solow (1969), che definisce una innovazione neutrale quando è tale da lasciare inalterato il rapporto fra le quote distributive per un dato rapporto <u>lavoro-prodotto</u>. Questa definizione implica che la funzione di produzione può essere scritta come:

$$Y(t) = F(S(t)K(t), L(t)) \qquad (4.4)$$

$S(t)$ è l'indice rappresentativo della tecnologia.

Questa forma di progresso tecnico è nota come “capital augmenting” o accrescitiva del capitale, in quanto tende ad incrementare il prodotto in modo equivalente ad un incremento nella quantità di capitale.

Solitamente, in Teoria della Crescita si assume che il progresso tecnico sia del tipo neutrale nel senso di Harrod, e questo per essenzialmente tre motivi:

1) Per una ragione di convenienza, essendo l’unica forma di progresso tecnico neutrale tale da consentire che nel Modello di Solow (e anche in altri simili modelli) l’economia converga ad un sentiero di crescita bilanciata.
2) Perché sembra meglio “rispettare” i fatti stilizzati di Kaldor, in quanto il progresso tecnico neutrale è consistente con quote distributive e rapporto capitale-prodotto costanti.
3) Inoltre, recenti ricerche empiriche hanno mostrato che l’attività di R&S portata avanti da molte imprese è tale da generare progresso tecnico del tipo neutrale nel senso di Harrod.

5 Il modello di Crescita di Solow con progresso tecnico

La funzione di produzione

Consideriamo una funzione di produzione del seguente tipo:

$$Y(t) = F(K(t), A(t)L(t)) \qquad (5.1)$$

L'equazione 5.1 è simile all'equazione 3.1. L'unica differenza è la presenza del termine A(t). A(t) rappresenta il progresso tecnologico che è assunto essere Neutrale nel senso di Harrod (o "labour augmenting). IL termine AL è chiamato "lavoro efficiente". Abbiamo visto precedentemente che questa forma di progresso tecnico è quella che sembra corrispondere meglio ad alcuni fatti stilizzati identificati da Kaldor, fra i quali la costanza del rapporto fra capitale e prodotto.

La funzione di produzione rappresentata nell'equazione 1.4 è assunta essere linearmente omogenea nel fattore capitale e lavoro efficiente. Questo ci permette di scrivere: $F(\frac{K}{AL},1) = \frac{1}{AL}F(K,L)$.

$\frac{1}{AL}F(K,L)$ non è altro che il prodotto per lavoratore efficiente e $\frac{K}{AL}$ è il rapporto capitale/lavoro efficiente e indica l'intensità di capitale della tecnologia produttiva. Chiamiamo $k = \frac{K}{AL}$, $y = \frac{Y}{AL}$ e $f(k) = F(k,1)$.

Possiamo perciò riscrivere la 1.4 come:

$$y = f(k) \qquad (5.2)$$

L'equazione 5.2 esprime il prodotto per lavoratore come funzione del capitale per lavoratore efficiente. L'ammontare totale di output nell'economia può essere calcolato moltiplicando il lato destro dell'equazione 5.2 per AL: $Y = ALf(k)$.

Le ipotesi alla base del Modello di Solow con progresso tecnico sono molto simili a quelle discusse nel caso senza progresso tecnico, per cui ci limiteremo ad elencarle nuovamente senza, generalmente, discuterle. NB: k ora indica il capitale per unità di lavoro efficienti, invece che il rapporto fra capitale ed unità di lavoro, come accadeva nel caso senza progresso tecnico.

Ipotesi 2: si assume che la funzione di produzione in 3 soddisfa le seguenti condizioni: $f(0) = 0; f'(k) > 0; f''(k) < 0$.

Possiamo notare che anche in questo caso $f'(k)$ è il prodotto marginale del capitale. Infatti, sappiamo che $F(K, AL) = ALf(k)$. Per cui, $\frac{\partial F(K, AL)}{\partial K} = \frac{\partial ALf(K/AL)}{K} = ALf'(k)\frac{1}{AL} = f'(k)$. Per cui $f''(k) < 0$ implica che il prodotto marginale del capitale è positivo ma decrescente, cioè diminuisce quando il rapporto capitale-lavoro efficiente sale.

La produttività marginale del lavoro, scritta in forma intensiva, sarà: $\frac{\partial F(K, AL)}{\partial L} = \frac{\partial ALf(K/AL)}{\partial L} = Af(k) + ALf'(k)K(-\frac{1}{AL^2}) = Af(k) - Akf'(k) = A[f(k) - kf'(k)]$

Ipotesi 3: Valgono le condizioni di Inada (vedi Modello di Solow senza progresso tecnico).

La funzione di produzione Cobb-Dougas può essere scritta nel caso in cui il progresso tecnico sia neutrale nel senso di Harrod, come:

$$Y = K^a (AL)^{1-a}, \ 0 < a < 1 \qquad (5.3)$$

Evoluzione degli inputs nel tempo

In questa versione del Modello di Solow, il prodotto Y vari nel tempo sia perché variano gli inputs capitale e lavoro ma anche perché varia lo stato della tecnologia, ovvero per effetto del progresso tecnico. Dobbiamo pertanto specificare come variano il capitale, il lavoro e il progresso tecnico.

Fattore lavoro

Nel caso del fattore lavoro, assumiamo che cresca ad un tasso costante:

$$\dot{L}(t) = nL(t) \tag{5.4}$$

Stato della tecnologia

Come nel caso del fattore lavoro, assumiamo che lo stock di conoscenza che definisce il livello della tecnologia cresca ad un tasso costante g:

$$\dot{A}(t) = gA(t) \tag{5.5}$$

Da cui ne segue, come nel caso del fattore lavoro, che A cresce esponenzialmente al tasso g.

Fattore capitale

Valgono la equazione 3.11, e le ipotesi 3.5-7.

In particolare, vale l'equazione 3.11, che riscriviamo qua come equazione 5.6:

$$\dot{K}(t) = sY(t) - dK(t) \tag{5.6}$$

Soluzione del Modello

Ricordandoci che k= K/AL, possiamo scrivere il tasso di variazione del capitale per lavoratore come:

$$\dot{k}(t) = \frac{\dot{K}(t)}{A(t)L(t)} - \frac{K(t)}{[A(t)L(t)]^2}\left[A(t)\dot{L}(t) + L(t)\dot{A}(t)\right] \tag{5.7}$$

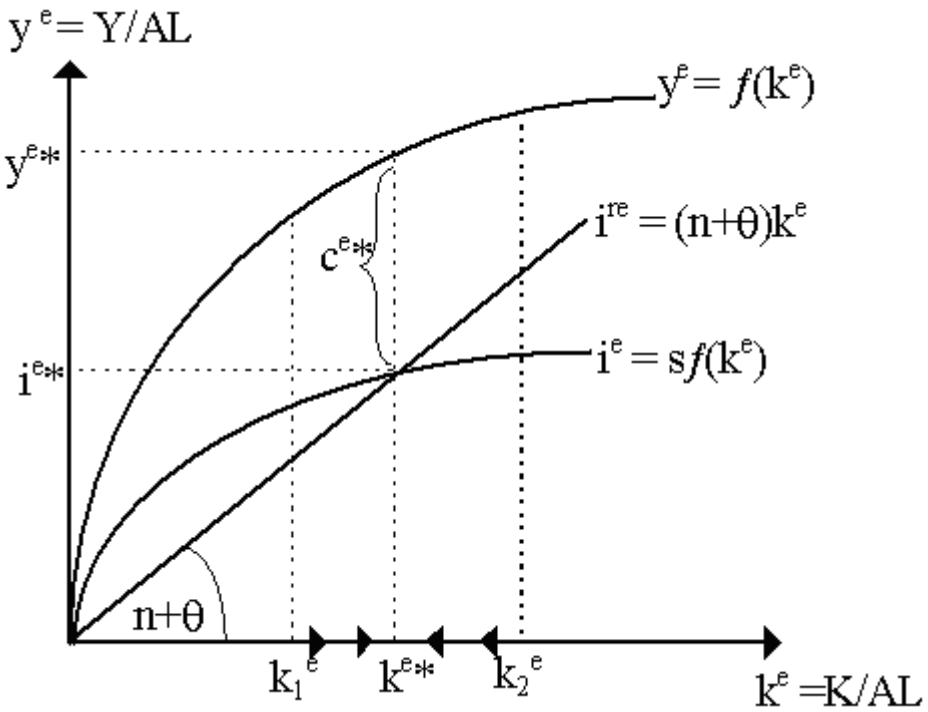
Ricordando che $\dot{K}(t)$ è dato dalla 5.6, che $\dot{L}(t)$ e $\dot{A}(t)$ sono uguali a n e g, rispettivamente, possiamo riscrivere la 5.7 come:

$$\dot{k}(t) = \frac{sY(t) - dK(t)}{A(t)L(t)} - k(t)n - k(t)g = sf(k) - k(n + d + g) \tag{5.8}$$

L'equazione 5.8 è l'equazione corrispondente alla 3.14.

L'analisi della dinamica sottostante l'equazione 5.8 è la stessa di quella che abbiamo svolto nel caso del Modello senza progresso tecnico.

Figura 5.1



NB: In Figura 5.1 $q = n + g$

L'unica differenza con l'analisi svolta nel caso precedente è che ora k rappresenta il capitale per unità di lavoro efficiente e che l'investimento di break-even è pari a $k(n+d+g)$.

Affinché k non diminuisca, occorre realizzare un certo ammontare di investimenti nell'economia, in quanto, da un lato, poiché il lavoro efficiente cresce al tasso n+g, occorre che lo stock aggregato di capitale cresca anch'esso al tasso n+g; secondariamente, poiché esiste deprezzamento, occorre investire affinché i lavoratori non siano equipaggiati con un capitale che stia man mano perdendo valore.

Indipendentemente dalla posizione di partenza, anche nel caso di un'economia con progresso tecnico positivo l'economia tenderà a convergere ad un certo rapporto capitale-lavoro efficiente in corrispondenza del quale l'investimento effettuato nell'economia sarà uguale all'investimento di

break-even e quindi il rapporto capitale-lavoro efficiente non tenderà a cambiare, come nel caso di assenza di progresso tecnico.

Se analizziamo il comportamento della principali variabili macroeconomiche in stato stazionario notiamo alcune significative differenze:

- L'ammontare di lavoratori L cresce al tasso n
- Lo stato della tecnologia cresce al tasso g
- Lo stock di lavoro efficiente cresce al tasso n+g
- Lo stock di capitale K è uguale, per definizione, a ALk, per cui, in stato stazionario(cioè in k*) k, lo stock di capitale per lavoratore efficiente non varia, per cui K crescerà al tasso n+g.
- Se L e K crescono al tasso n+g, anche Y crescerà al tasso n+g (rendimenti costanti di scala).
- Di conseguenza, y, l'output per addetto, crescerà al tasso n+g-n=g. Infatti, il tasso di crescita del prodotto per occupato (Y/L) può essere scritto come: $\frac{(\dot{Y/L})}{Y/L} = g + \frac{f'(k)}{\frac{f(k)}{k}}\frac{\dot{k}}{k}$, per cui in stato stazionario $\frac{(\dot{Y/L})}{Y/L} = g$
- Il rapporto K/Y è costante, in quanto sia K che Y crescono al tasso n+g
- Il rapporto K/L cresce al tasso n+g-n=g, per cui dovremo assistere ad un progressivo intensificarsi del grado di intensità di capitale della produzione.
- Il prezzo del capitale, cioè il prodotto marginale del capitale, $f'(k)$ è costate.
- Il salario $w = A[f(k) - kf'(k)]$ cresce al tasso g, cioè al tasso di crescita del progresso tecnologico.

- Il tasso di crescita del prodotto in unità di lavoro efficiente può essere scritto, in termini di tasso di crescita del prodotto per unità di lavoro efficiente come: $\frac{\dot{y}}{y} = \frac{f'(k)}{\frac{f(k)}{k}} \frac{\dot{k}}{k}$, per cui in stato stazionario, $\frac{\dot{y}}{y} = 0$

Il messaggio più importante è che il prodotto pro-capite cresce ad un tasso pari a quello del progresso tecnologico, che peraltro è assunto esogeno, cioè non è spiegato dal modello, tanto che alcuni economisti lo hanno definito “Manna dal cielo”.

Possiamo ora esaminare in modo più rigoroso l’impatto di una variazione del tasso di risparmio sulle principali variabili macroeconomiche: possiamo anticipare che qualitativamente le nostre conclusioni non cambieranno rispetto al modello senza progresso tecnico: inizialmente l’economia cresce ad un tasso superiore a quello di stato stazionario, proprio perché in seguito ad un aumento del risparmio l’investimento effettivo eccede quello di break-even, per cui k tende a crescere. Tuttavia, al crescere di k i rendimenti marginali decrescenti continuano a prevalere, per cui l’economia tende ad un nuovo equilibrio con un rapporto capitale/lavoro efficiente più alto, un prodotto per occupato più alto ma un tasso di crescita pari nuovamente a quello (esogeno) dato dal progresso tecnologico.

Possiamo riassumere i principali effetti di un incremento del risparmio nelle Figura 2-7

Figura 5.2: tasso di risparmio

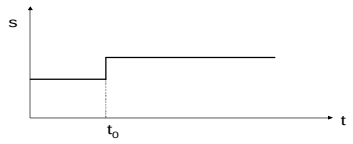
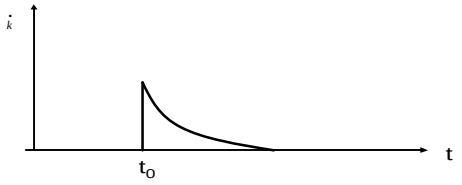


Figura 5.3: Capitale per unità di lavoro efficiente

Figura 5.4: variazione nel rapporto capitale-unità di lavoro efficiente



$\dot{k}$

Figura 5.5: Tasso di crescita del prodotto pro-capite

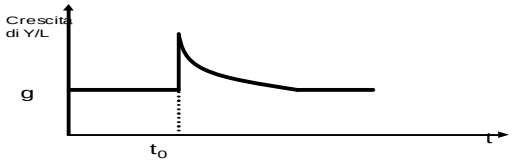


Figura 5.6: Logaritmo del prodotto pro-capite

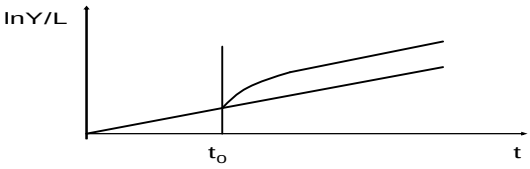
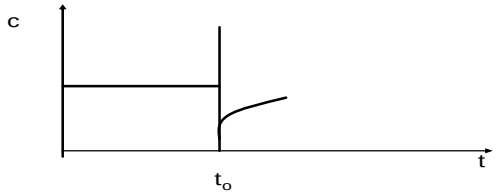


Figura 5.7: Consumo



La Figura 5.2 mostra l'andamento temporale del tasso di risparmio: in t_0 vi è un incremento di s, che poi rimane costante al nuovo valore (semplicemente, le famiglie diventano più parsimoniose), mentre la figura 5.3 ci mostra l'andamento nel tempo del capitale per unità di lavoro efficiente, la

Figura 5.4 il tasso di crescita del rapporto capitale-unità di lavoro efficiente, la figura 5.5 ci mostra l'andamento del tasso di crescita del prodotto pro-capite, la Figura 5.6 riporta l'andamento nel tempo del logaritmo del prodotto pro capite, mentre la Figura 5.7 riporta l'andamento del consumo.

Il riquadro riepilogativo e le Figure 2-7 ci dicono alcune cose interessanti:

1) dopo l'incremento nel tasso di risparmio, l'investimento effettivo eccede quello di break-even, per cui il capitale per unità di lavoro efficiente cresce e continua a farlo finché successive aggiunte di capitale sono via via meno "produttive" e l'economia raggiunge il nuovo capitale per unità di lavoro efficiente di equilibrio: la Figura 5.3 ci mostra proprio questo: k sale dopo t_0, ma infine si stabilizza ad un livello più elevato.
2) Il prodotto pro-capite Y/L è uguale as Af(k), per cui, in stato stazionario, cresce al tasso di A, cioè g: tuttavia, nella fase di transizione da uno stato stazionario all'altro, cresce perché anche f(k) cresce, per cui cresce ad un tasso superiore a g (la Figura 5.5 ci mostra che, in t_0, la curva del tasso di crescita del prodotto pro-capite "fa un salto" verso l'alto): tuttavia, quando k cessa di cresce, l'unico contributo alla crescita del prodotto pro-capite viene da A, per cui il tasso di crescita del PIL pro-capite torna ad essere uguale a g (in termini della Figura 5.5, il tasso di crescita del prodotto pro-capite diminuisce per tornare infine ad essere uguale a g): la Figura 5.6 ci mostra che però, in conseguenza del più altro tasso di risparmio nell'economia, il livello del prodotto pro-capite è più elevato in modo permanente. <u>Per cui, l'aumento nel tasso di risparmio non ha effetti permanenti sul tasso di crescita del prodotto pro-capite ma solo sul suo livello: nel modello di Solow, solo incrementi nel tasso di crescita del progresso tecnologico hanno effetti permanenti sul tasso di crescita del prodotto pro-capite.</u>
3) Impatto sul consumo: l'impatto sul consumo è ambiguo. Infatti, possiamo definire il consumo per unità di lavoro efficiente come $c = (1-s)f(k)$ (Vedi Figura 5.1) . In seguito all'aumento di s, il consumo per unità di lavoro efficiente diminuisce. Dopo di che, dato che il prodotto pro-capite cresce fino a stabilizzarsi ad un livello permanentemente più elevato di

quello pre-incremento del tasso di risparmio, il consumo per unità di lavoro efficiente comincia a crescere (Figura 5.7). Per capire se crescerà sufficientemente da controbilanciare l'incremento nel tasso di risparmio o se invece rimarrà inferiore o, addirittura, superiore, dobbiamo fare alcuni calcoli:_noi sappiamo che c è uguale all'output per unità di lavoro efficiente meno il risparmio per unità di lavoro efficiente $c = f(k) - sf(k)$. In stato stazionario, il risparmio effettivo $sf(k)$ eguaglia l'investimento di break-even, il che ci permette di scrivere che:

$$c^* = f(k^*) - (n + g + d)k^* \qquad (5.9)$$

Dove un * indica il valore della variabile in stato stazionario.

Sappiamo che k* dipende da n, g,s e d, per cui possiamo scrivere che k*=k(n, g, s, d).

Vogliamo analizzare l'impatto di un variazione del tasso di risparmio s sul consumo per unità di lavoro efficiente.

$$\frac{\partial c^*}{\partial s} = f'(k)\frac{\partial k^*(n,g,s,d)}{\partial s} - (n+g+d)\frac{\partial k^*(n,g,s,d)}{\partial s} = [f'(k) - (n+g+d)]\frac{\partial k^*(n,g,s,d)}{\partial s}$$

(10.4)

Ora, noi sappiamo che $\frac{\partial k^*(n,g,s,d)}{\partial s} > 0$, per cui l'effetto su c di un incremento di s dipende dal segno di $[f'(k) - (n+g+d)]$. Ci sono tre possibilità.

- $f'(k) > (n+g+d)$: il prodotto marginale del capitale è sufficientemente grande da eccedere $n+g+d$, per cui la crescita del tasso di risparmio fa crescere c
- $f'(k) < (n+g+d)$: il prodotto marginale del capitale è inferiore a $n+g+d$, per cui la crescita del tasso di risparmio fa diminuire c
- $f'(k) = (n+g+d)$: il prodotto marginale del capitale è uguale a $n+g+d$, per cui la crescita del tasso di risparmio lascia inalterato c. Lo stock di capitale per unità di lavoro efficiente in corrispondenza del quale variazioni marginali del tasso di risparmio

lasciano inalterato il consumo per unità di lavoro efficiente, è noto come stock di capitale che soddisfa la **Regola Aurea**.

- Non vi è nessuna ragione, nel Modello di Solow, che suggerisca che l'economia abbia uno stock di capitale pari a quello che soddisfa la regola aurea.

Lo stock di capitale che soddisfa la **Regola Aurea** è anche lo stock di capitale che massimizza il consumo per unità di lavoro efficiente:

Prova:il consumo per unità di lavoro efficiente in corrispondenza del punto di equilibrio di lungo periodo è data dalla equazione (5.9), $c^* = f(k^*) - (n+g+d)k^*$.

Lo stock di capitale che rispetta la Regola Aurea è ottenibile come: $k^{RA} = \arg\max_k [f(k^*) - (n+g+d)k^*] = f'(k^*) - (n+g+d) = 0 \Rightarrow f'(k^{RA}) = (n+g+d)$. Se , $k^{RA} \neq k^*$, il governo potrebbe intervenire, ad esempio tassando il consumo per favorire l'accumulazione di capitale.

Esercizio: Dimostrare che, nel caso di una funzione di produzione Cobb-Douglas, la Regola Aurea è rispettata per un valore del saggio di risparmio s pari alla quota spettante al capitale sul valore del prodotto Y.

Effetti sull'output nel lungo periodo: il messaggio principale del Modello di Solow è che il solo la crescita del progresso tecnologico ha importanza nel determinare il tasso di crescita del prodotto pro-capite, mentre risparmiare, e quindi investire, più risorse avrebbe solo effetti temporanei sul tasso di crescita del prodotto pro-capite. Vogliamo capire però cosa significa temporanei, vale a dire, per quanto tempo una crescita nel tasso di risparmio (e quindi di investimento) porta ad un incremento nel tasso di crescita del prodotto pro-capite maggiore di quello indotto dal tasso di crescita del progresso tecnologico.

Possiamo condurre un tipo di analisi simile a quello condotto nel caso del consumo: definiamo il prodotto per unità di lavoro efficiente come: $y^* = f(k^*)$, dove k* è il capitale per unità di lavoro

efficiente. Ricordandoci che lo stock di capitale per unità di lavoro efficiente di stato stazionario è funzione di n, g, s e d, possiamo calcolare l'impatto di lungo periodo di un incremento di s su y* come:

$$\frac{\partial y^*}{\partial s} = f'(k^*)\frac{\partial k^*(n,g,s,d)}{\partial s} \tag{5.10}$$

Ricordandoci che il capitale per unità di lavoro efficiente di stato stazionario soddisfa la seguente relazione $\dot{k} = 0$, sappiamo che k* deve soddisfare la seguente reazione:

$$sf(k^*(n,g,s,d)) = (n+g+d)k^*(n,g,s,d) \tag{5.11}$$

Le derivate rispetto a s del lato sinistro e destro dell'equazione 5.11 devono essere uguali:

$$sf'(k^*)\frac{\partial k^*}{\partial s} + f(k^*) = (n+g+d)\frac{\partial k^*}{\partial s} \tag{5.12}$$

Possiamo riscrivere la 5.12 come:

$$\frac{\partial k^*}{\partial s} = \frac{f(k^*)}{(n+g+d) - sf'(k^*)} \tag{5.13}$$

Sostituendo la 5.13 nella 5.10 abbiamo che:

$$\frac{\partial y^*}{\partial s} = f'(k^*)\frac{f(k^*)}{(n+g+d) - sf'(k^*)} \tag{5.14}$$

Moltiplichiamo entrambi i lati per s/y* (per ottenere in questo modo un'elasticità):

$\frac{\partial y^*}{\partial s}\frac{s}{y^*} = f'(k^*)\frac{f(k^*)}{(n+g+d) - sf'(k^*)}\frac{s}{f(k^*)}$. Se poi usiamo la 5.11 per sostituire s dal lato destro della 5.14, abbiamo:

$$\frac{\partial y^*}{\partial s}\frac{s}{y^*} = f'(k^*)\frac{f(k^*)}{(n+g+d) - sf'(k^*)}\frac{s}{f(k^*)} = \frac{(n+g+d)\frac{k^*}{f(k^*)}f'(k^*)f(k^*)}{f(k^*)[(n+g+d) - \frac{(n+g+d)}{f(k^*)}k^* f'(k^*)} =$$

$$= \frac{(n+g+d)k^* f(k^*)}{f(k^*)[(n+g+d) - (n+g+d)\frac{k^* f(k^*)}{f(k^*)}} = \frac{\frac{k^* f'(k^*)}{f(k^*)}(n+g+d)}{(n+g+d)[1 - \frac{kf'(k^*)}{f(k^*)}]} = \frac{\frac{k^* f'(k^*)}{f(k^*)}}{[1 - \frac{kf'(k^*)}{f(k^*)}]} \tag{5.15}$$

Ora, $\frac{k^* f'(k^*)}{f(k^*)}$ rappresenta l'elasticità dell'output rispetto al capitale. Se chiamiamo questo termine $a_k(k^*)$, abbiamo:

$$\frac{\partial y^*}{\partial s}\frac{s}{y^*} = \frac{a_k(k^*)}{1 - a_k(k^*)} \tag{5.16}$$

Ora, in un'economia perfettamente concorrenziale, il capitale viene remunerato al suo prodotto marginale, quindi la remunerazione del capitale sarà pari a $k^* f'(k^*)$ e la quota del capitale sul prodotto totale sarà pari a $\frac{k^* f'(k^*)}{f(k^*)} = a_k(k^*)$.

Pertanto, sapendo che la quota del capitale sul totale del prodotto è pari a circa 1/3, possiamo calcolare l'elasticità di lungo periodo del prodotto pro-capite rispetto all'elasticità come (1/3)/(1-1/3) = 0.5

Per esempio, l'incremento nel tasso di risparmio del 10 per cento (esempio: dal 20 al 22 per cento), porterebbe, nel lungo periodo, ad una crescita del prodotto pro-capite del 5 per cento, ciò il prodotto pro-capite sarebbe del 5 per cento più alto di quanto non sarebbe in assenza della crescita del tasso di risparmio: l'effetto del tasso di risparmio sul livello del prodotto pro-capite è quindi relativamente piccolo, secondo il Modello di Solow. Inoltre, è possibile mostrare che, oltre ad essere relativamente piccolo, l'impatto del maggior tasso di risparmio sul livello del prodotto pro-capite richiede tempo: ad esempio, nel nostro esempio, occorrerebbero circa 18 anni affinché il prodotto pro-capite fosse del 2.5 per cento più alto.

Riassumendo:

1. Il Modello di Solow predice che il tasso di crescita di lungo periodo del prodotto pro-capite dipende unicamente dal progresso tecnologico (che è assunto esogeno), in quanto il capitale è caratterizzato da rendimenti decrescenti.

2. Una maggior accumulazione di capitale, indotta da un più elevato tasso di risparmio, ha effetti solo temporanei sul tasso di crescita del prodotto pro-capite.
3. Una maggior accumulazione di capitale indotta da un più elevato tasso di risparmio ha solo un effetto sul livello del prodotto pro-capite, che tuttavia è relativamente modesto (un incremento nel tasso di risparmio del 10% induce un incremento del 5 % del prodotto pro-capite) e che richiede un tempo relativamente lungo per dispiegare i propri effetti.

Un esempio: la Funzione di produzione Cobb-Douglas:

La funzione di produzione Cobb-Douglas con progresso tecnico neutrale nel senso di Harrod può essere scritta come:

$$Y = K^{a}\,(AL)^{1-a} \tag{5.17}$$

In forma intensiva, la 5.17 può essere riscritta come:

$$y = k^{a} \tag{5.18}$$

L'equazione 5.8 può essere riscritta come:

$$\dot{k}(t) = sk^{a} - k(n+d+g) \tag{5.19}$$

In stato stazionario, $sk^{*a} = k^{*}(n+d+g)$. Per cui, possiamo scrivere:

$$k^{*} = [\frac{(n+d+g)}{s}]^{\frac{1}{a-1}} \tag{5.20}$$

Il prodotto per occupato può essere scritto, in stato stazionario, come Af(k*), per cui:

$$(\frac{Y}{L})^{*} = Ak^{*a} = A[\frac{(n+d+g)}{s}]^{\frac{a}{a-1}} = A[\frac{s}{n+d+g}]^{\frac{a}{1-a}} \tag{5.21}$$

L'equazione 5.21 ci dice che, in stato stazionario, il prodotto per lavoratore è una funzione positiva di s e A e negativa di g+n+d . Intuitivamente, se il tasso di risparmio è basso, l'economia ha investito meno, e il capitale a disposizione di ogni lavoratore è inferiore; analogamente, in paesi con più alto tasso di ammortamento, il capitale per lavoratore sarà più basso (una parte maggiore viene

consumata ogni anno); allo stesso modo un alto tasso di crescita della popolazione riduce il capitale a disposizione di ogni lavoratore.

Usando la (5.20) e la (5.21) si vede facilmente che in equilibrio, il rapporto capitale-prodotto è uguale a $\left(\frac{K}{Y}\right)^* = \frac{s}{(n+d+g)}$.

Il Modello di Solow e la realtà

Il modello di Solow identifica due possibili ragioni per l'esistenza di differenze (nel tempo o fra paesi) nel livello del prodotto per lavoratore:

- Differenze nel rapporto capitale/lavoro
- Differenze nel livello della tecnologia.

Tuttavia, nel modello di Solow solo differenze nel livello della tecnologia possono davvero spiegare le differenze che osserviamo nel livello del prodotto pro-capite fra paesi ricchi e poveri.

Esistono infatti due problemi se vogliamo attribuire, nel Modello di Solow, alle differenze nel rapporto capitale/lavoro le differenze esisteti nel prodotto pro-capite di diversi paesi.

Vediamo perché: il prodotto pro-capite negli USA era, dieci anni fa, circa 10 volte il prodotto pro-capite in India. Ora, ricordiamo che $\frac{k * f'(k*)}{f(k*)} = a_k(k*)$ è l'elasticità dell'output rispetto al capitale. Una differenza pari a 10 volte nel prodotto pro-capite richiederebbe un differenza nel rapporto K/L di circa $10^{1/a_k}$. Se $a_k(k*)$ è circa pari ad 1/3, significa che, per spiegare differenze nel prodotto pro-capite pari a 10 volte tramite differenze nel rapporto capitale/lavoro, occorrerebbe che nel paese "ricco" questo rapporto fosse $10^{1/1/3} = 10^3 = 1000$ volte maggiore che nel paese povero.

Matematicamente, sappiamo infatti che $f(k^*_1) = 10 f(k^*_2)$, dove 1 indica gli USA e 2 l'India. Tuttavia sappiamo che $\frac{k * f'(k*)}{f(k*)} = a_k(k*)$, da cui $f(k*) = \frac{k * f'(k*)}{a_k(k*)}$. Sostituendo questa espressione, abbiamo che $\frac{k_1 * f'(k_1*)}{a_k(k_1*)} = 10 \frac{k_2 * f'(k_2*)}{a_k(k_2*)}$. Siccome possiamo assumere che la quota

del capitale è uguale nei vari paesi, abbiamo che possiamo riscrivere l'equazione precedente come $\frac{k_1*}{k_2*} = 10\frac{f'(k_2*)}{f'(k_1*)}$. Inoltre (vedi sotto), sappiamo che $f'(k) = ay^{\frac{a-1}{a}}$ nel caso di una funzione di produzione Cobb-Douglas. Pertanto, $\frac{k_1*}{k_2*} = 10\frac{f'(k_2*)}{f'(k_1*)} = 10\frac{a(y_2)^{\frac{a-1}{a}}}{a(10y_2)^{\frac{a-1}{a}}} = 10^{\frac{1-a}{a}+1} = 1000$.

Se guardiamo ai dati, vediamo che, dieci anni fa, il capitale per lavoratore negli USA era circa 20 volte il capitale per lavoratore in India, il che porterebbe ad escludere che differenze nel capitale per lavoratore siano la spiegazione della differenza nel prodotto pro-capite di USA e India (sempre che il Modello di Solow funzioni!).

Analogamente, in concorrenza perfetta, il rendimento netto del capitale è pari a $f'(k) - d$. Se vogliamo attribuire alle differenze nel rapporto K/L le differenze nel prodotto pro-capite, dovremo assistere a enormi differenze nel rendimento del capitale fra paesi ricchi e paesi poveri.

Infatti, consideriamo il caso della funzione di produzione Cobb-Douglas, che in forma intensiva può essere scritta come: $y = k^a$; il prodotto marginale del capitale può essere scritto come: $f'(k) = ak^{a-1} = ak^a k^{-1} = ayy^{-1/a} = ay^{\frac{a-1}{a}}$. Se noi calcoliamo l'elasticità del prodotto marginale del capitale rispetto all'output, abbiamo che:

$$\frac{d(f'(k))}{dy}\frac{y}{f'(k)} = a\frac{a-1}{a}y^{\frac{a-1}{a}-1}\frac{y}{ay^{\frac{a-1}{a}}} = a\frac{a-1}{a}\frac{y^{(-1/a)+1}}{ay^{\frac{a-1}{a}}} = \frac{a-1}{a}$$

Pertanto, differenze pari a 10 volte nel prodotto pro-capite fra due paesi, per essere attribuibili a differenze nel rapporto capitale per lavoro, implicherebbero, nel Modello di Solow, differenze nel prodotto marginale del capitale pari a circa $10^{\frac{a-1}{a}} = 10^2 = 100$ a vantaggio del paese povero. Infatti, il rapporto fra il prodotto marginale di due paesi con livelli di reddito pro-capite uguali a y1 e y2, tali che y1=10y2, sarà pari a $(10y_1)^{\frac{a-1}{a}} / y_1^{\frac{a-1}{a}} = 10^{-2} = 1/100$, vale a dire che il prodotto marginale del capitale sarò circa 100 volte più grande nel paese povero. Ma tali differenze nei prodotti

marginali del capitale indurrebbero movimenti di capitali verso i paesi poveri di entità mai osservata nella realtà.

Pertanto, se il Modello di Solow è corretto, differenze nel capitale per lavoratore non possono spiegare le differenze nel prodotto pro-capite (e nella produttività del lavoro) che osserviamo nella realtà.
Dobbiamo perciò attribuire il grosso delle differenze esistenti nel prodotto pro-capite al livello della tecnologia.

Ma quale è il trattamento della tecnologia nel modello di Solow?

Nel Modello di Solow il trattamento della tecnologia è esogeno: vale a dire non è spiegato nel modello. In altre parole, si vede che l'accumulazione di capitale non può spiegare la crescita di lungo periodo né le differenze fra paesi nel livello del prodotto pro-capite e quindi si introduce il progresso tecnologico, sotto forma di efficienza del lavoro impiegato nel processo produttivo, ma non si spiega esattamente che cosa stimoli il progresso tecnologico.

- Si potrebbe assumere che il livello della tecnologia (A) rappresenti il "*sapere astratto*", le competenze scientifico-matematico-ingegneristiche di una nazione. Occorrerebbe però spiegare come A cresce nel tempo e perché imprese in diversi paesi abbiano accesso a più conoscenze astratte che in altri paesi. Ovviamente, se i paesi "poveri" hanno livelli di A inferiori rispetto ai paesi ricchi, allora i paesi poveri potrebbero raggiungerei livelli di prodotto pro-capite dei paesi ricchi "imitando" la tecnologia di questi ultimi e quindi pervenendo ad un livello di reddito pro-capite simile a quello dei paesi ricchi. Tuttavia, se le differenze nella tecnologia fossero la principale determinante della differenza nel reddito pro-capite, si dovrebbe spiegare perché i paesi poveri non riescano a "imitare" velocemente le tecnologie dei paesi ricchi e a convergere, rapidamente, al loro livello di reddito pro-capite. La spiegazione potrebbe risiedere nel fatto che non è sufficiente avere a disposizione

la tecnologia più avanzata, occorre che i paesi poveri siano in grado di utilizzare la tecnologia, il che ci rimanda alla nozione di capitale umano

- Alternativamente, si potrebbe pensare che il capitale non sia costituito solo da capitale fisico, ma che altre forme di capitale, come il capitale umano, abbiano importanza. In questo caso, i calcoli che abbiamo fatto, basati sul fatto che l'importanza del capitale è data dal rendimento marginale del capitale, sarebbero sbagliati, e occorrerebbe correggere il modello in modo appropriato.

Convergenza

Il modello di Solow ha una importante implicazione: il prodotto pro-capite dei paesi poveri dovrebbe crescere di più rispetto a quello dei paesi ricchi. Questo per tre motivi:

1. Il Modello di Solow prevede che i paesi convergono al tasso di crescita bilanciato dato dal tasso di crescita della tecnologia, supposto uguale nei diversi paesi. Perciò, se due paesi che hanno accesso allo stessa tecnologia, hanno lo stesso tasso di risparmio, di deprezzamento e di forza lavoro "partono" da livelli di prodotto diversi –il che implica un diverso rapporto capitale/lavoro- il paese povero dovrebbe convergere al livello di reddito pro-capite del paese ricco. Infatti, la equazione 5.8 implica che $\dot{k}_i / k_i - \dot{k}_j / k_j = s[\frac{f(k_i)}{k_i} - \frac{f(k_j)}{k_j}] > 0$ se $k_i < k_j$, per la concavità della funzione di produzione. Il che ci dice che il capitale per unità di lavoro efficiente e quindi il prodotto per occupato cresceranno più velocemente nel paese che parte da un livello di capitale per occupato più basso.
2. Il Modello di Solow implica che il tasso di rendimento del capitale è maggiore in paesi poveri, in quanto più basso è il loro stock di capitale, e quindi più alto è il prodotto marginale del capitale: ci sono cioè incentivi per il capitale a trasferirsi nei paesi poveri, il che costituisce un altro motivo per attendersi una convergenza nei livelli del prodotto pro-capite.

3. Nella misura in cui le differenze nel prodotto pro-capite derivano da differenze nel livello della tecnologia, allora i paesi poveri potrebbero imitare la tecnologia adottata nei paesi ricchi ed avere quindi un tasso di crescita della tecnologia maggiore che nei paesi ricchi, il che implica ancora un volta un processo di convergenza nei livelli del prodotto pro-capite.

Un esempio classico di convergenza è quello dato dai paesi UE e gli USA nell'immediato dopoguerra: la crescita nei paesi UE fu più alta che negli USA semplicemente perché, da un lato, poterono imitare la tecnologia USA e quindi sperimentarono un più alto tasso di crescita di A; secondariamente, la distruzione dello stock di capitale avvenuto in guerra ridusse lo stock di capitale per lavoratore, data la tecnologia e il tasso di risparmio, per cui l'economia UE sperimentò alcuni decenni di crescita accelerata per tornare i livelli di "stato stazionario" implicati da A e dal tasso di risparmio.

NB: il Modello di Solow non implica che paesi con diverso livello di A e diverso tasso di risparmio convergano allo stesso livello di prodotto pro-capite. Siccome in A potrebbero rientrare (vedremo) fattori diversi quali il livello di istruzione della forza lavoro, le "infrastrutture sociali", etc, è possibile riconciliare con il Modello di Solow il fatto che il livello del prodotto pro capite in taluni paesi rimanga persistentemente diverso. Alcuni economisti hanno trovato che, una volta tenuto conto delle differenze nei tassi di risparmio, del grado di istruzione della forza lavoro e altri variabili ritenute rilevanti al fine di spiegare il livello del prodotto pro-capite, si assiste in effetti d un processo di convergenza fra paesi. Alcuni autori hanno però posto dei dubbi sulla validità delle analisi econometriche condotte

6 Applicazioni empiriche: contabilità della crescita.

Consideriamo la seguente funzione di produzione:

$$Y(t) = F(K(t), A(t)L(t)) \tag{6.1}$$

Come si può stimare e calcolare il tasso di crescita del progresso tecnologico, e come possiamo calcolare il contributo che la crescita del progress tecnologico fornisce al tasso di crescita del prodotto per lavoratore?

Una possibilità è quella di specificare una forma funzionale per la funzione di produzione in 6.1 e usare metodi econometrici per stimare i parametri rilevanti. Tuttavia noi non seguiremo questa strada (occorre avere una conoscenza buona dell'econometria).

Una seconda possibilità è utilizzare una metodologia conosciuta come <u>*Contabilità della Crescita:*</u>

In contabilità della crescita, generalmente si assume che il progresso tecnico sia di tipo Neutrale secondo Hicks.

Per cui si assume l'esistenza di una funzione di produzione del tipo:

$$Y(t) = B(t)F(K(t), L(t)) \tag{6.2}$$

Deriviamo l'equazione 6.2 rispetto al tempo:

$$\dot{Y} = \dot{B}F + B(\frac{\partial F}{\partial K}\dot{K} + \frac{\partial F}{\partial L}\dot{L}) \tag{6.3}$$

Dividiamo entrambi i lati rispetto a Y:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{B}F}{Y} + \frac{B}{Y}(\frac{\partial F}{\partial K}\frac{\dot{K}}{K}K + \frac{\partial F}{\partial L}\frac{\dot{L}}{L}L) = \frac{\dot{B}}{B} + \frac{\partial F}{\partial K}\frac{K}{F}\frac{\dot{K}}{K}\frac{B}{B} + \frac{\partial F}{\partial L}\frac{L}{F}\frac{\dot{L}}{L}\frac{B}{B} = \frac{\dot{B}}{B} + a_K\frac{\dot{K}}{K} + a_L\frac{\dot{L}}{L} \tag{6.4}$$

Assumendo rendimenti costanti di scala, abbiamo che $a_k + a_L = 1$. Pertanto, sottraendo da entrambi i lati $\frac{\dot{L}}{L}$, possiamo riscrivere la 6.4 come:

$$\frac{\dot{Y}}{Y}-\frac{\dot{L}}{L}=\frac{\dot{B}}{B}+a_K\frac{\dot{K}}{K}+(1-a_k)\frac{\dot{L}}{L}-\frac{\dot{L}}{L}=\frac{\dot{B}}{B}+a_K(\frac{\dot{K}}{K}-\frac{\dot{L}}{L}) \qquad (6.5)$$

Dalla 6.5 possiamo ricavare il tasso di crescita del progresso tecnologico neutrale secondo Hicks:

$$\frac{\dot{B}}{B}=\frac{\dot{Y}}{Y}-\frac{\dot{L}}{L}-a_K(\frac{\dot{K}}{K}-\frac{\dot{L}}{L}) \qquad (6.6)$$

L'equazione 6.6 ci mostra che è possibile calcolare il tasso di crescita del progresso tecnologico neutrale secondo Hicks come differenza fra il tasso di crescita del prodotto per lavoratore (o produttività del lavoro) e il tasso di crescita del rapporto capitale- prodotto (NB: Nel Modello di Solow, l'accumulazione di capitale può influenzare il tasso di crescita del prodotto per occupato nel breve periodo) moltiplicato per l'elasticità del prodotto rispetto al capitale. Il progresso tecnologico è anche noto come tasso di crescita della Produttività Totale dei Fattori (TFP), in quanto è derivabile, tramite opportune manipolazioni della 6.5, come media pesata del tasso di crescita della produttività del lavoro (Y/L) e della produttività del capitale (Y/K), dove i pesi sono dati dalle quote distributive di lavoro e capitali. Se valgono le ipotesi di concorrenza perfetta, il capitale è remunerato al prodotto marginale, per cui a_K rappresenta la quota del prodotto distribuita al fattore capitale, per cui a_K può essere calcolata utilizzando i dati di contabilità nazionale sulla quota di reddito distribuito al capitale. Calcolato a_K, è sufficiente avere dati relativi a Y, K e L per ottenere una stima del progresso tecnico neutrale secondo Hicks, che può quindi essere ottenuto come un residuo, in quanto –come possiamo vedere dall'equazione 6.6- esso non è altro che <u>la componente del tasso di crescita del prodotto per lavoratore che non è spiegato dal tasso di crescita del capitale per lavoratore.</u> Il progresso tecnico neutrale secondo Hicks, quando calcolato tramite l'equazione 6.6 è anche noto come *Residuo di Solow*, essendo stato proposto come misura del progresso tecnologico da Robert Solow.

La principale utilità del progresso tecnologico calcolato come residuo è che rende superflua la stima econometrica della funzione di produzione.

Secondariamente, l'equazione 6.5 ci mostra che il tasso di crescita del prodotto per occupato può essere decomposto in due componenti: una attribuibile al tasso di crescita del capitale per lavoratore, ed una attribuibile al progresso tecnologico (neutrale secondo Hicks). In particolare, poiché la quota del capitale sul prodotto è circa 1/3, la scomposizione dell'equazione 6.5 ci dice che, ad esempio, se il tasso di crescita nel rapporto (K/L) è del 2% e il tasso di crescita del prodotto per lavoratore è di circa il 2%, allora circa (1/3)*2%= 0.66 punti percentuali nella crescita del prodotto per lavoratore saranno attribuibili a crescita del capitale per lavoratore, ed i rimanenti 2-0.66= 1.34 punti percentuali a progresso tecnologico.

Questa scomposizione si rivela molto utile, in quanto la predizione principale del Modello di Solow è che, nel lungo periodo, il tasso di crescita del prodotto per lavoratore dipende unicamente dal progresso tecnologico. Per cui, le equazioni 6.5 e 6.6 possono essere usate per verificare il ruolo giocato dal progresso tecnologico nello spiegare la crescita del prodotto per lavoratore: nella misura in cui dovesse essere modesto, si potrebbe pensare che la crescita del prodotto per lavoratore potrebbe risultare non sostenibile nel lungo periodo (vedi Paesi del Sud Est asiatico secondo Krugman).

Affinché l'equazione 6.6 possa essere utilizzata per calcolare il tasso di crescita della tecnologia, occorre ricordare che nell'equazione 6.6 il progresso tecnologico è calcolato come un residuo, e quindi come quella parte del tasso di crescita dell'output non attribuibile al tasso di crescita degli inputs (NB: l'equazione 6.5 è equivalente alla seguente espressione $\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{B}}{B} + a_K \frac{\dot{K}}{K} + (1 - a_k)\frac{\dot{L}}{L}$, per cui il tasso di crescita dell' output è scomponibile in una componente dovuta al progresso tecnologico e ad una seconda attribuibile alla media pesata del tasso di crescita di capitale e lavoro). <u>Pertanto la 6.6 ci dà una misurazione corretta del progresso tecnologico (neutrale secondo Hicks) quando:</u>

- La tecnologia abbia rendimenti costanti di scala (altrimenti, in presenza di crescita dell'output, se i rendimenti di scala fossero crescenti, assisteremmo ad una crescita meno

che proporzionale degli inputs, e questo verrebbe "scambiato" per progresso tecnologico (un *Residuo* più grande): ad esempio, in anche in assenza di progresso tecnologico, in presenza di rendimenti crescenti di scala le quote distributive degli inputs non sarebbero equivalenti alle elasticità dell'output rispetto ai vari inputs, e quindi si finirebbe per calcolare un residuo di Solow positivo anche in assenza di progresso tecnico

- Valgano le ipotesi di concorrenza perfetta, di modo che si possano usare le quote distributive al posto dell'elasticità del prodotto rispetto al capitale. Quando il mercato dei beni non è concorrenziale, le imprese fissano il prezzo con un mark-up al di sopra dei rendimenti normali degli inputs (in altre parole le imprese fissano un prezzo superiore ai costi marginali di produzione ($p = mc$), dove $m \geq 1$). Il problema discende dal fatto che, in concorrenza perfetta $p = c$, per cui possiamo utilizzare i dati di contabilità nazionale per calcolare le quote distributive dei singoli fattori come "pesi" nel calcolo del Residuo. Tuttavia, nel caso in cui il mark-up sia positivo, l'utilizzo dei dati di contabilità nazionale – basati su *p* invece che su *c*- ci forniscono una misura distorta dell'elasticità dell'output rispetto agli inputs –che è basata sui costi marginali. Ad esempio, la quota del capitale sul prodotto –calcolata sulla base dei prezzi p- è $a = rK / pY$, dove *w* è il prezzo del lavoro e *p* il prezzo dei beni. L'elasticità rilevante ai fini del calcolo del residuo dovrebbe essere, invece, $a = rK / cY$, dove c sono i costi marginali. L'espressione dell'elasticità può essere riscritta come $a = mrK / pY$: siccome $m \neq 1$ in assenza di concorrenza perfetta, l'utilizzo delle quote distributive al posto delle elasticità dell'output porta ad una stima distorta del progresso tecnologico utilizzando l'equazione 6.7 (vedi riquadro successivo)
- Occorre che non vi siano importanti errori di misurazione degli inputs o che importanti inputs non vengano omessi, altrimenti il loro effetto sulla crescita dell'output verrebbe colta dal residuo e, quindi, scambiata per progresso tecnologico. Analogamente, non dovrebbero esservi effetti ciclici.

- Non devono esservi “esternalità”: se il rendimento “sociale” dell’investimento eccede quello privato, la quota del capitale sul valore aggiunto sottostimerebbe l’elasticità del capitale e quindi il ruolo della TFP nello spiegare il tasso di crescita dell’output per lavoratore verrebbe sovrastimato.

Nonostante i punti sviluppati sopra ci ricordano che il Residuo di Solow è sicuramente una misura imperfetta del progresso tecnologico –ed è per questo motivo che generalmente molti preferiscono chiamarlo TFP-, tuttavia studi empirici recenti hanno mostrato come esso sia altamente correlato **Le componenti del Residuo di Solow in condizioni di concorrenza imperfetta**

Consideriamo un funzione di produzione : $Y_t = A_t K_t^{a_t} L_t^{b_t}$ (1), dove Y rappresenta l’output e K e L gli input capitale e lavoro. Prendiamo i logaritmi della funzione di produzione ottenendo: $y_t = a_t + a_t k_{it} + b_t l_{it}$ (2), dove le variabili in corsivi denotano i logaritmi. Prendiamo le differenze prime, ottenendo: $\Delta y_t = \Delta a_t + a_t \Delta k_t + b_t \Delta l_i$ (3). Definiamo $l = a + b$ i rendimenti di scala: $l > 1$ indicano l’esistenza di rendimenti di scala crescenti nel settore. Riscriviamo l’equazione 3 come: $\Delta y_t = \Delta a_t + l_t \Delta k_t + (l_t - b_t)\Delta l_t$ (4), che può a sua volta essere riscritta come: $\Delta y_{it} = \Delta a_{it} + a_{it}(\Delta k_{it} - \Delta l_{it}) + l_{it}(\Delta l_{it})$ (5). A questo punto occorre introdurre l’ipotesi che le imprese non producano in condizione di concorrenza perfetta, ma che ogni impresa abbia un certo potere di mercato. In questo caso, ogni impresa adotterà la quantità di inputs che massimizzerà i profitti. Assumiamo altresì che l’impresa scelga il fattore capitale assumendo il lavoro come dato (in realtà è più probabile che avvenga il contrario, ma questa assunzione ci permette meglio di comparare il caso generale con l’equazione 6.5). Il profitto sarà: $P(Q_t)Q_t - C(Q_t, r)$ (6), dove r rappresenta il prezzo del capitale. La massimizzazione della (6) rispetto al fattore capitale, darà: $\frac{\partial P_t}{\partial Q_t}\frac{\partial Q_t}{\partial K_t}Q_t + P(Q_t)\frac{\partial Q_t}{\partial K_{it}} - \frac{\partial C_t}{\partial Q_t}\frac{\partial Q_t}{\partial K_t} = 0$ Riarrangiando, possiamo scrivere

$$\frac{\partial Q_t}{\partial K_t} = \frac{\frac{\partial C_t}{\partial Q_t}\frac{\partial Q_t}{\partial K_t}}{P_{it} + P_{it}\frac{\partial P_t}{\partial Q_t}Q_{it}} = \frac{r_t}{P_t\left(1+\frac{\partial P_t}{\partial Q_t}Q_t\right)} = \frac{r_t}{P_t\left(1+\frac{1}{h_t}\right)}$$ (7) E' possibile dimostrare che $(1+\frac{1}{h_t}) = m_{it}$ rappresenta il mark-up dei prezzi sui costi marginali (h_t rappresenta l'elasticità della domanda). Possiamo riscrivere la (7) come $\frac{\partial Q_t}{\partial K_t} = \frac{m}{P_t} r_t$ Moltiplicando e dividendo quest'ultima per $\frac{K_t}{Q_t}$ possiamo riscriverla come $\frac{\partial Q_t}{\partial K_t}\frac{K_t}{Q_t} = a_t = m_t \frac{r_t}{P_t}\frac{K_t}{Q_t} = m_t S_t^K$, dove $S^k{}_t$ è la quota dei costi del capitale sul valore della produzione. (NB: abbiamo assunto che il mercato del capitale fosse perfettamente competitivo). Solo quando il mark up è uguale a 1, l'elasticità della funzione di produzione rispetto al capitale coincide con la quota dei costi. Questo ci porta a riscrivere l'equazione (5) come $\Delta y_t = \Delta a_t + m_t S^K{}_{it}(\Delta k_t - \Delta l_t) + l_t \Delta l_t$ (8). Sottraendo da entrambi i lati Δl_t otteniamo $\Delta y_t - \Delta l_t = \Delta a_t + m_t S^K{}_t(\Delta k_t - \Delta l_t) + (l_t - 1)\Delta l_t$ (9). La (9) scompone il tasso di crescita dell'output per lavoratore in una componente dovuta a progresso tecnologico "puro", una componente dovuta all'accumulazione di capitale e una dovuta alle economie di scala. E' facile intuire che se si assume che sia l che m siano uguali a uno quando in realtà sono maggiori di uno porterebbe a una sottostima dell'impatto sul tasso di crescita dell'output per lavoratore sia dell'effetto dovuto alle economie di scala, sia dell'effetto derivante dall'accumulazione di capitale, sovrastimando pertanto l'impatto del progresso tecnico.

Infatti, se sottraiamo a entrambi i lati della (9) $S^K{}_t(\Delta k_t - \Delta l_t)$, otteniamo: $\Delta y_t - \Delta l_t - S^K{}_t(\Delta k_t - \Delta l_t) = \Delta a_t + (m_t - 1)S^K{}_{it}(\Delta k_t - \Delta l_t) + (l_t - 1)\Delta l_t$ (10). Ma la (10) non è altro che il Residuo di Solow, che pertanto risulterebbe sovrastimato nel caso di rendimenti di scala crescenti e concorrenza imperfetta nel caso in cui l'input lavoro e il capitale per addetto crescono. La (10) ci mostra chiaramente che il <u>Residuo di Solow è una misura corretta del progresso</u>

tecnologico quando i rendimenti di scala sono costanti ($l_t = 1$) e quando il mark-up è uguale a 1 (concorrenza perfetta).

NB: una derivazione alternativa del Residuo di Solow è contenuta in Martin, "Advanced Industrial Economics, Blackwell, 2002.

Dimostrazione relazione fra elasticità della produzione e mark-up: consideriamo il caso di un monopolista che produce la quantità Q al prezzo P(Q), a costi C(Q). Il problema del monopolista è il seguente: $\max_Q = P(Q)Q - C(Q)$. La condizioni di primo ordine rende: $\frac{dP}{dQ}Q + P = \frac{dC}{dQ}$, dove il lato sinistra rappresenta i ricavi marginali e il lato destro i costi marginali. Questa uguaglianza può essere riscritta come $P(\frac{dP}{dQ}\frac{Q}{P} + 1) = \frac{dC}{dQ} \Rightarrow P = \frac{CM}{1 + \frac{1}{h}}$ Quando $h = -\infty$ (NB: h è negativa), vale a dire siamo in condizioni di concorrenza perfetta), allora P=CM. In tutti gli altri casi, invece, P>CM

Nel Modello di Solow abbiamo assunto che il progresso tecnico fosse del tipo Neutrale secondo Harrod, in quanto consistente con uno dei fatti stilizzati di Kaldor, vale a dire la costanza nel rapporto Capitale-Prodotto. Nella misurazione del Residuo, tuttavia, siamo partiti da una funzione di produzione con progresso tecnologico neutrale secondo Hicks.

Vogliamo vedere le relazioni esistenti fra le due forme di progresso tecnico.

Consideriamo la seguente funzione di produzione con progresso tecnico neutrale nel senso di Harrod:

$$Y(t) = F(K(t), A(t)L(t)) \qquad (6.7)$$

Poniamo per semplicità AL=N

Deriviamo la 6.7 rispetto al tempo:

$$\dot{Y} = \frac{\partial F}{\partial K}\dot{K} + \frac{\partial F}{\partial (N)}\dot{N} = \frac{\partial F}{\partial K}\dot{K} + \frac{\partial F}{\partial N}(L\dot{A} + A\dot{L}) = \frac{\partial F}{\partial K}\dot{K} + \frac{\partial F}{\partial N}\dot{A}L + \frac{\partial F}{\partial N}A\dot{L} \qquad (6.8)$$

Dividendo entrambi i lati per Y, abbiamo:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\partial F}{\partial K}\frac{\dot{K}}{K}\frac{K}{Y} + \frac{\partial F}{\partial N}\frac{AL}{Y}\frac{\dot{A}}{A} + \frac{\partial F}{\partial N}\frac{AL}{Y}\frac{\dot{L}}{L} \qquad (6.9)$$

Nel caso di mercati perfettamente concorrenziali, abbiamo che: $w = \partial Y / \partial L = A\partial F / \partial N$. Per cui

$$\frac{(\partial F / \partial N)AL}{Y} = \frac{wL}{Y} = a_L \qquad (6.10)$$

Assumendo rendimenti costanti di scala, possiamo scrivere che:

$$\frac{K\partial F / \partial K}{Y} = 1 - \frac{A\partial F / \partial K}{Y} = 1 - a_L = a_K \qquad (6.11)$$

La 6.9, insieme alla 6.10 e 6.11, implica che:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = a_K\frac{\dot{K}}{K} + (1 - a_K)\frac{\dot{L}}{L} + (1 - a_K)\frac{\dot{A}}{A} \qquad (6.12)$$

Da cui:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{1}{(1 - a_k)}[\frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} - a_K(\frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L})] = \frac{1}{(1 - a_k)}RS = \frac{1}{(1 - a_k)}\frac{\dot{B}}{B} \qquad (6.13)$$

L'equazione 6.13 ci dice che il progresso tecnologico neutrale nel senso di Harrod può essere calcolato dividendo il residuo di Solow (che sotto certe condizioni può essere usato come misura del progresso tecnico neutrale secondo Hicks) per la quota del fattore lavoro nel prodotto totale. Siccome la quota distributiva del fattore lavoro è inferiore ad 1, il progresso tecnico neutrale nel senso di Harrod tende ad essere maggiore rispetto al Residuo di Solow (nel caso di funzione di produzione CD, comunque, la quota di incremento della produttività per addetto attribuibile a

progresso tecnologico o a crescita del rapporto capitale-lavoro è uguale a quella identificata nel caso di progresso tecnico neutrale secondo Hicks).

L'equazione 6.12 può essere riscritta come:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} = \frac{\dot{A}}{A} + a_K(\frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L}) - a_k \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{A}}{A} + a_K[\frac{\dot{K}}{K} - (\frac{\dot{L}}{L} + \frac{\dot{A}}{A})] \qquad (6.14)$$

Il tasso di crescita del prodotto per occupato può essere riscritto come somma del progresso tecnico neutrale secondo Harrod e il tasso di crescita del capitale per unità di lavoro efficiente, pesato per la quota del capitale sul prodotto.

Nella misura in cui il Residuo di Solow costituisce una misura appropriate del progresso tecnico neutrale secondo Hicks, può essere utilizzato anche come misura del progresso tecnico neutrale secondo Harrod (che, ricordiamolo, è l'unica forma di progresso tecnico consistente con i dati e l'esperienza storica) purché diviso dalla quota distributiva del fattore lavoro.

Calcolare il tasso di crescita del progresso tecnico neutrale secondo Harrod è importante anche in pratica. Infatti, spesso, gli incrementi salariali reali vengono ancorati al tasso di crescita della produttività del lavoro. In realtà, in un sentiero di crescita bilanciata, il tasso di crescita dei salari reali consistente con un'occupazione stabile (vedi corso di Economia 2) è dato dal progresso tecnologico neutrale secondo Harrod: mentre, nel lungo periodo, tasso di crescita della produttività del lavoro e crescita del progresso tecnologico sono uguali, nel breve periodo possono divergere. Supponiamo che i lavoratori richiedano salari reali troppo elevati: le imprese risponderanno riducendo l'occupazione, ma questo porterà ad una crescita del rapporto capitale-lavoro e, quindi, ad una crescita della produttività del lavoro (equazione 6.14): se i salari reali rispondono alla crescita della produttività del lavoro, questo porterà ad una ulteriore crescita dei salari, ce porterà ad ulteriori riduzioni dell'occupazione, maggior crescita della produttività del lavoro e cosi via, creando squilibri e, quasi sicuramente, disoccupazione (vedi Blanchard, 2006).

Altre scomposizioni utili:

Partiamo dall'equazione 6.5: $\frac{\dot{Y}}{Y}-\frac{\dot{L}}{L}=\frac{\dot{B}}{B}+a_K\frac{\dot{K}}{K}+(1-a_k)\frac{\dot{L}}{L}-\frac{\dot{L}}{L}=\frac{\dot{B}}{B}+a_K(\frac{\dot{K}}{K}-\frac{\dot{L}}{L})$, che ci dice che la produttività del lavoro è scomponibile in un contributo dovuto al tasso di crescita della TFP e da un componente relativo al tasso di crescita del rapporto capitale/lavoro. Quando i dati sono disponibili, si preferisce considerare le ore lavoro (per cui L dovrebbe essere interpretato come ore lavorate) anziché gli occupati, altrimenti differenze nella produttività del lavoro fra paesi e/o in un paese nel corso del tempo potrebbero riflettere differenze nel numero di ore lavorate. Altri preferiscono invece una decomposizione diversa: L'equazione 6.5, dove L indica il numero di lavoratori, implica che:

$$\frac{\dot{B}}{B}=\frac{\dot{Y}}{Y}-a_K\frac{\dot{K}}{K}-(1-a_k)\frac{\dot{L}}{L} \qquad (6.15)$$

Sottraendo e aggiungendo il tasso di crescita delle ore lavorate dal lato destro dell'equazione 6.15, otteniamo che:

$$\frac{\dot{B}}{B}=\frac{\dot{Y}}{Y}-a_K\frac{\dot{K}}{K}-(1-a_k)\frac{\dot{L}}{L}+\frac{\dot{H}}{H}-\frac{\dot{H}}{H} \qquad (6.16)$$

Riarrangiando, possiamo ottenere una scomposizione del tasso di crescita della produttività del lavoro, espressa come output per ora lavorata, come:

$$\frac{\dot{Y}}{Y}-\frac{\dot{H}}{H}=a_K\frac{\dot{K}}{K}+(1-a_k)\frac{\dot{L}}{L}-\frac{\dot{H}}{H}+\frac{\dot{B}}{B}+a_K\frac{\dot{H}}{H}-a_K\frac{\dot{H}}{H}=a_K(\frac{\dot{K}}{K}-\frac{\dot{H}}{H})+(1-a_k)[\frac{\dot{L}}{L}-\frac{\dot{H}}{H}]+\frac{\dot{B}}{B} \qquad (6.17)$$

Il tasso di crescita della produttività oraria del lavoro può essere decomposta in 3 fattori:

- Il tasso di crescita della TFP, che quando le ipotesi neoclassiche sono rispettate è equivalente al progresso tecnico neutrale secondo Hicks;
- Il contributo derivante dalla crescita nel capitale per ora lavoro, che riflette l'intensificarsi della capitalizzazione del processo produttivo;
- La crescita nella "qualità del fattore lavoro", che misura il grado di sostituzione verso lavoratori con più alta produttività marginale (esempio: lavoratori maggiormente

istruiti) , espresso come la differenza fra il tasso di crescita del numero di lavoratori e il tasso di crescita del numero di ore lavorate (Intuizione: se questo termine è positivo, significa che il numero di ore lavorate per lavoratore decresce);

L'equazione 1.2 derivata nella sezione 1 ci dà una utile scomposizione del tasso di crescita del prodotto pro-capite: $g(\frac{Y}{P}) = g(\frac{Y}{H}) + g(\frac{H}{P}) = g(\frac{Y}{H}) + g(\frac{H}{E}) + g(\frac{E}{P})$. L'equazione 6.17 ci da la scomposizione del prodotto per ora lavorata, per cui possiamo riscrivere l'equazione 1.2 come:

$$\begin{aligned} g(\frac{Y}{P}) &= g(\frac{Y}{H}) + g(\frac{H}{P}) = a_K g(\frac{K}{H}) + (1-a_k) g(\frac{L}{H}) + g(B) + g(\frac{H}{L}) + g(\frac{L}{P}) = \\ &= a_K g(\frac{K}{H}) + g(\frac{L}{H}) - a_k g(\frac{L}{H}) + g(B) - g(\frac{L}{H}) + g(\frac{L}{P}) = \qquad (6.18) \\ &= a_K g(\frac{K}{H}) + a_k g(\frac{H}{L}) + g(B) + (1-a_K) g(\frac{L}{P}) \end{aligned}$$

L'equazione 6.18 ci permette di scomporre il tasso di crescita del prodotto pro-capite in una componente dovuta alla crescita del capitale per ora lavorata, una componente dovuta alla crescita del numero di ore lavorate per lavoratore, una componente dovuta al tasso di crescita della TFP e una componente dovuta alla crescita del numero di occupati sul totale della popolazione.

Tutte le equazioni che abbiamo considerato finora in contabilità della Crescita possono essere estese al caso di più inputs: ad esempio, è possibile differenziare a seconda del tipo di capitale, o del tipo di lavoratori. Occorre soltanto modificare le equazioni corrispondenti nel modo opportuno. Inoltre, mentre a livello aggregato, cioè dell'economia nel suo complesso, la misura di output utilizzata è il prodotto interno lordo –definito come somma dei valori aggiunti prodotti a livello di impresa- gli unici inputs considerati sono il capitale e il lavoro. A livello di settore, invece, si ritiene di solito più opportuno e corretto considerare il cosiddetto output lordo, che è la somma di valore aggiunto e input intermedi (materiali): in questo caso, la funzione di produzione deve essere modificata introducendo gli inputs intermedi come terzo fattore produttivo.

<u>Limiti della contabilità della Crescita</u>:

1) Gli esercizi di contabilità della crescita dipendono dalle modalità di misurazione del capitale.: se il tasso di crescita del capitale è sovrastimato, ad esempio, il tasso di crescita del TFP è sottostimato. **Problemi nella misurazione del capitale**: a) ruolo della qualità dei beni capitali (ad esempio, un laptop costa più o meno uguale oggi o dieci anni fa, ma oggi è molto più potente e veloce, per cui il suo prezzo-se aggiustato per la qualità- sarebbe sceso: se si trascura questo aggiustamento (come di solito si fa), si tende a sovrastimare la crescita della TFP nei settori utilizzatori di beni capitali (esempio settore delle linee aeree) e a sottostimarla in quelli produttori di beni capitali (esempio produttori di aerei), ma a livello aggregato l'effetto dovrebbe tendere a cancellarsi; b) in molti paesi si tende a sovrastimare la crescita del capitale di anno in anno (ad esempio fondi spesi per investimenti pubblici, ad esempio in ponti, che si perdono in corruzione, spreco, ecc, e non in investimento in capitale fisico).
2) La contabilità della crescita ci permette di scomporre la crescita del prodotto in crescita derivante dagli inputs e in crescita derivante dal produttività totale dei fattori. Tuttavia non ci dice perché, in un certo periodo storico, la contribuzione di uno dei fattori è cresciuto o diminuito.
3) Il ciclo economico influenza le misure di produttività che possiamo calcolare tramite la Contabilità della Crescita (ad esempio, in recessione, sia il fattore capitale che i fattore lavoro non sono pienamente utilizzati.

Inoltre, consideriamo l'equazione 6.5 $\frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} = \frac{\dot{B}}{B} + a_K(\frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L})$, che ci dice che il tasso di crescita del capitale per lavoratore può essere scomposto in due effetti; il primo dovuto al progresso tecnologico e il secondo all'accumulazione di capitale. Secondo Aghion e Howitt (2007), il tasso di crescita della TFP ammonta, nel caso dei paesi OCSE per il periodo 1960-2000) a circa 2/3 (66%) della crescita dell'output per lavoratore, mentre altri autori ritengono che, una volta considerato anche il ruolo svolto dall'accumulazione di capitale umano, il tasso di crescita della TFP ammonti a

non più del 30% del tasso di crescita del prodotto per lavoratore. Tuttavia, l'equazione 6.5 non ci dice niente sul processo di causalità, in altre parole sebbene il progresso tecnologico ammonti a circa 2/3 del tasso di crescita del prodotto per occupato, potrebbe essere che il 100% del tasso di crescita del prodotto per occupato sia dovuto al progresso tecnologico. Consideriamo ora una funzione di produzione Cobb-Douglas con progresso tecnico di tipo neutrale secondo Harrod: $Y = A^{1-a} K^{a} L^{1-a}$; in questo caso, abbiamo visto prima come $B = A^{1-a}$ e quindi $\frac{\dot{B}}{B} = (1-a) * \frac{\dot{A}}{A}$. Siccome nel modello di Solow il tasso di crescita del prodotto per lavoratore è uguale, nel lungo periodo, al tasso di progresso tecnico neutrale secondo Harrod, abbiamo che $\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{y}}{y}$, dove y è il tasso di crescita dell'ouput per lavoratore. Pertanto, poiché $a \approx (1/3)$, ne deriva che il residuo di Solow, che misura $\frac{\dot{B}}{B}$, sarà circa il 70% del tasso di crescita del prodotto per occupato. In altre parole, sebbene $\frac{\dot{y}}{y}$ sia dovuto interamente a progresso tecnologico nel lungo periodo nel modello di Solow, ciò è perfettamente consistente con i dati sul residuo di Solow che ci dicono come quest'ultimo sia "responsabile" di circa i 2/3 del tasso di crescita di $\frac{\dot{y}}{y}$. Inoltre, abbiamo visto (pagina 48) che nel lungo periodo il capitale per occupato cresce ad un ritmo pari al progresso tecnico neutrale secondo Harrod: quindi nel lungo periodo, se il progresso tecnico cresce, anche il rapporto capitale lavoro crescerà, determinando una crescita ulteriore nell'output per lavoratore: pertanto in parte, l'incremento nell'output che riscontriamo essere associato all'accumulazione di capitale dipende in effetti dal progresso tecnico.

Alcuni dati per l'Italia

Nella Tabella seguente riportiamo alcuni dati relativi alla crescita del valore aggiunto in Italia, a livello aggregato e per alcuni settori economici, nonché il contributo proveniente dagli input capitale e lavoro e dal Residuo di Solow.

La Tabella 6.1 ci mostra, nel caso la performance di alcuni importanti settori dell'economia italiana e dell'economia nel suo complesso (con, essenzialmente, l'esclusione dell'agricoltura, del governo di altri servizi non scambiati sul mercato, come l'istruzione) prendendo come riferimento le medie di due periodi: 1980-1995 e 1995-2004.

E' evidente che il tasso di crescita del valore aggiunto nell'economia italiana è diminuito sensibilmente, soprattutto nel settore della distribuzione e del manifatturiero (con l'esclusione del settore produttore di macchine elettriche), mentre la performance migliore è stata quella del settore "macchinari elettrici, poste e telecomunicazioni".

Se guardiamo al contributo che i fattori produttivi capitale e lavoro e la TFP hanno dato alla crescita del valore aggiunto, vediamo che, nel periodo 1980-95 vi è stato un contributo positivo sia del fattore lavoro, che del fattore capitale che della TFP- che, sotto le condizioni descritte sopra può essere usata come misura del progresso tecnologico neutrale secondo Hicks: in particolare, la crescita media di questa ultima è stata positiva e pari a 0.5% all'anno.

Manipolando i dati in Tabella 6.1 in maniera appropriata, è possibile mostrare che la produttività per lavoratore è cresciuta di circa, 1.2% all'anno, e che di questo 1.2% all'anno, 0.55 sono attribuibili a progresso tecnologico e la parte rimanente all'accumulazione di capitale.

Tabella 6.1: crescita del valore aggiunto in Italia e sue determinanti (1980-95 e 1995-2004)

	VA	L	H	LC	K	KIT	KNIT	TFP
	1=2+5+8	2=3+4	3	4	5=6+7	6	7	8
1980-95								
Market economy	1.9	0.4	0.3	0.1	1	0.2	0.7	0.5
Electrical machinery, post&telecoms	3.6	-0.5	-0.6	0	1.7	0.8	0.9	2.5
Manufacturing less electrical	1.8	-1	-1	0	0.8	0.1	0.7	1.9
Other goods producing industries	0.5	-0.3	-0.3	0	1.1	0.1	1	-0.2
Distribution services	2.5	0.6	0.4	0.2	1.0	0.3	0.7	0.9
Finance&business services	2.3	2.9	2.7	0.2	1.3	0.5	0.8	-1.9
Personal&social services	1.2	2.5	2.5	0	0.4	0.0	0.4	-1.7
1995-2004								
Market economy	1.4	1	0.9	0.1	1.1	0.2	0.9	-0.7
Electrical machinery, post&telecoms	4.9	-0.2	-0.2	0	1.5	0.2	1.2	3.6
Manufacturing less electrical	-0.2	0.1	0	0.1	0.8	0.1	0.7	-1.1
Other goods producing industries	1.7	0.7	0.7	0	1.0	0	1	-0.1
Distribution services	1	0.9	0.7	0.2	1.5	0.2	1.3	-1.4
Finance&business services	3.2	2.5	2.3	0.2	0.9	0.7	0.2	-0.2
Personal&social services	1.2	1.6	1.5	0.1	1.4	0.3	1.2	-1.8

VA= gross value added growth; L= contribution of labour input growth;H= contribution of total hour worked; LC= contribution of labour composition (es: migliore qualità del lavoro); K= contribution of capital input growth; KIT= contribution of ICT capital; KNIT= contribution of non-ICT capital; TFP= contribution of TFP growth. Fonte: Groningen Growth and Develpment Centre.

Il dato più significativo del periodo 1995-2004 è che la crescita della TFP è stata negativa in tutti i settori, con l'eccezione del settore apparecchi elettrici, poste e telecomunicazioni, dove è addirittura accelerata. A livello aggregato, la crescita della TFP è stata di -0.7%. Dai dati in Tabella, si può stimare una crescita della produttività per occupato di circa -0.1%, e quindi un contributo positivo derivante dall'accumulazione di capitale. Il settore che ha avuto la performance peggiore in termini di crescita della TFP è stato il settore dei servizi distributivi, che ha registrato un declino di circa l'1.4% annuo. La cattiva performance della TFP non è un fenomeno solo italiano, in quanto il tasso di crescita è caduto in quasi tutti i paesi dell'UE15, con l'eccezione di Olanda e Finlandia. Tuttavia, mentre in Francia il tasso di crescita è rimasto costante, in Germania e nel Regno Unito è caduta sensibilmente mantenendosi però positiva (passando da 1.1% a 0.4% in Germania e da 1.6% a 0.9% nel Regno Unito, mentre in Spagna il tasso di crescita è diventato addirittura negativo (-0.9% da 0.7%). Come in Italia, la riduzione della TFP è stata particolarmente forte nel settore dei servizi, il che probabilmente riflette una mancanza di concorrenza e innovazione (o una struttura troppo parcellizzata, cioè troppi piccoli esercizi).

Altri dati, provenienti dall'OCSE, mostrano, per l'economia italiana nel suo complesso (includendo quindi anche l'agricoltura e i servizi non scambiati sul mercato) uno scenario sostanzialmente analogo. Una forte diminuzione della TFP, che è diventata addirittura negativa nel periodo 2000-05.

Ovviamente, non possiamo essere certi se questa caduta della TFP sia dovuta a "regresso tecnologico" o se possibili determinanti della TFP, come la spesa in ricerca e sviluppo, gli incentivi ad innovare forniti da un'economia concorrenziale, o la mancanza di infrastrutture, abbiano svolto un ruolo più importante. Quel che è certo è che i dati non sembrano indicare che il fenomeno sia prevalentemente congiunturale.

Focalizzandoci sull'Italia, questi dati ci dicono che la produttività per occupato è cresciuta di circa il 2% nel periodo 1985-1995, per poi decrescere fino sostanzialmente annullarsi nel periodo 2000-

2005. Il contributo dell'accumulazione di capitale al tasso di crescita della produttività del lavoro è rimasto pressoché costante, nell'ordine dei 0.6-0.9 punti percentuali.

Tabella 6.2 : Crescita TFP in Italia ed alcuni altri paesi in alcuni sottoperiodi

	Italia	UK	USA	Francia	Germania
1985-90	1.5	0.8	0.8	1.8	/
1990-95	1.5	1.6	0.7	1.1	0
1995-00	0.4	1.5	1.3	1.4	1.3
2000-05	-0.8	1.3	1.8	0.8	0.7

Recenti ricerche hanno mostrato che, nei maggiori paesi industrializzati, la differente performance in termini di crescita della TFP è da rinvenirsi essenzialmente nei settori "Non-ICT": in altre parole, la crescita della TFP nei settori "produttori" di ICT, come le telecomunicazioni ed altri, è stata sostanzialmente positiva e simile nei vari pesi industrializzati. Tuttavia, Italia e Spagna, gli unici paesi ad aver avuto un tasso di crescita negativo della TFP nel periodo 1995-2005 e, in misura minore, la Danimarca, sono stati gli unici paesi a registrare nel periodo considerato tassi negativi di crescita nei settori non-ICT.

Alcuni economisti (Gordon e Dew-Becker, 2005) hanno cercato di fornire una spiegazione del differenziale di crescita nella produttività del lavoro fra UE e USA, che da positivo fino al 1995 è diventato negativo. I loro dati (Tabella 1) mostrano che, mentre nel periodo 1980-1995 il differenziale di crescita nella produttività del lavoro era di circa 1% a favore della UE, nel periodo 1995-2004 il differenziale è sceso a circa -1.7%, il che significa che vi è sta una caduta nel differenziale di crescita della produttività del lavoro di circa il 2.7%. Di questo 2.7%, circa 2/3 sono ascrivibili al differenziale di crescita nella TFP (che da positivo è diventato negativo, cioè a favore degli USA), mentre il rimanente 1/3 è ascrivibile all'accumulazione di capitale. Nel caso italiano, il tasso di crescita della produttività del lavoro nel periodo 1980-95 era dello 0.58% superiore a quella USA e dello 0.35% inferiore alla media UE. Nel periodo 1995-04, il tasso di crescita della produttività del lavoro in Italia è sceso a circa lo 0.5%, a fronte di un tasso di 2.53%

negli USA (e quindi il differenziale Italia-USA è stato di circa -2%) e 1.46 nell'UE (e quindi il differenziale Italia-UE è stato di circa 0.96%), il che implica una caduta nel differenziale di crescita della produttività del lavoro Italia-USA di circa 2.6 punti percentuali nei due periodi e quindi 0.6 punti percentuali nel caso Italia-UE. Come sappiamo, il differenziale di crescita nella produttività del lavoro dipende dai differenziali di crescita nella TFP e/o nell'accumulazione di capitale. Nel periodo 1980-95 il differenziale Italia-USA nei tassi di crescita della TFP è stato di 0.32, per poi cadere a -1.79% (risultato di una accelerazione USA e di una riduzione della TFP in Italia, come abbiamo già visto): questo implica una caduta nel differenziale di crescita della TFP fra Italia e USA di circa 2.1 punti percentuali. Questo implica che circa l'80% (2.1/2.6) della caduta nel differenziale di crescita della produttività del lavoro fra Italia e USA è ascrivibile alla TFP, e la parte rimanente, 20%, è ascrivibile all'accumulazione di capitale, il cui tasso di crescita è quindi diminuito in Italia rispetto agli USA. Rispetto alla media UE, la caduta di 0.6 punti percentuali del differenziale fra i tassi di crescita della produttività del lavoro, è ascrivibile per intero al differenziale di crescita della TFP, che ha contribuito ad un incremento nel differenziale fra i tassi di crescita della produttività del lavoro per circa 0.8 punti percentuali, mentre l'accumulazione di capitale ha contribuito a ridurre il differenziale di circa 0.2 punti percentuali (nel secondo periodo, infatti, la crescita del capitale per ora lavorata è stato in Italia superiore a quella UE).

Inoltre, in Italia come nel resto della UE, la insoddisfacente performance nella TFP è da ascrivere essenzialmente ai settori non-ICT, come il commercio, ma anche a quella parte del manifatturiero non-ICT, come il settore chimico, le costruzioni, ecc. Una possibile spiegazione della caduta del tasso di crescita della TFP e dell'accumulazione di capitale nella UE rispetto agli USA potrebbe essere scrivibile al fatto che in Italia, come nel resto dell'UE, le leggi che hanno liberalizzato il mercato del lavoro avrebbero permesso l'ingresso sul mercato di molti lavoratori a basso livello di istruzione, e produttività, il che avrebbe comportato una riduzione nella TFP e, quindi, nella produttività del lavoro, che sarebbe stata ulteriormente depressa dai bassi livelli di investimento nella seconda metà degli anni novanta (sebbene per l'Italia questo effetto sarebbe stato un poco

meno rilevante). Ad esempio, un lavoro recente di Dew-Becker e Gordon (2008), gli autori hanno riscontrato che in Europa, per ragioni non ancora chiarite definitivamente, sembra esistere una relazione inversa fra crescita della produttività oraria del lavoro e crescita del tasso di occupazione: teoricamente ci aspetteremmo che, al crescere dell'occupazione, data la riduzione nel rapporto fra capitale e lavoro, divenga più profittevole investire in capitale: se per qualche motivo ciò non vale nel breve-medio periodo (ad esempio perché il capitale è fisso, o perché i nuovi occupati potrebbero aver trovato lavoro in settori quali il commercio nei quali, in presenza di una riduzione nelle restrizioni di orario, non sarebbe assolutamente servito incrementare lo stock di capitale (se si consente ad un negozio di aprire la domenica, quello che serve è unicamente assumere più persone, non incrementare lo stock di capitale, ad esempio comprare più computer)), allora il rapporto capitale lavoro scenderebbe e con esso la produttività del lavoro.

Un recente lavoro che ha esaminato i differenziali di performance in termini di produttività è l'articolo di Inklaar et al (2008): gli autori si sono concentrati sul macrosettore dei *Market Services* (che comprende i seguenti settori: commercio, trasporti, comunicazioni, settore finanziario, servizi alle imprese e alle persone). La ragione del loro interesse è che vi è una certa evidenza empirica che sembrerebbe suggerire come i differenziali di produttività fra Unione Europea e USA a livello globale deriva principalmente da differenti performances nel settore *Market Services*. Gli autori usano un approccio di contabilità della crescita per scomporre il tasso di crescita della produttività del lavoro nelle componenti dovute all'accumulazione di capitale (ICT e non-ICT), alla qualità del fattore lavoro (equazione 6.17) e alla crescita della TFP. I risultati principali dell'analisi sono da riscontrare nel fatto che i principali "driver" della crescita della produttività del lavoro sembrerebbero essere l'accumulazione di capitale e la crescita del capitale umano ("qualità del lavoro"), piuttosto che la crescita della TFP. Tuttavia, se si vogliono spiegare i differenziali di performance nella produttività del lavoro (perché, ad esempio, la produttività del lavoro è cresciuta pochissimo in Italia e Spagna e molto in USA), gli investimenti in capitale fisico e umano contano poco: Un ruolo molto maggiore sembrerebbe essere stato svolto dalla crescita della TFP: sebbene

di per se, mediamente, non sia stata, nei vari paesi una componente importante della crescita della produttività del lavoro (con ovvie eccezioni, ovviamente), vi sono state delle differenze fra paesi tali da spiegare perché, complessivamente, in alcuni paesi la produttività del lavoro sia cresciuta meno che in altri. Ad esempio, il paese con la peggior performance in termini di produttività del lavoro nel periodo 1995-2004 è stato l'Italia (+0.3% annuo) e il migliore gli USA (3.3%) nel campione di paesi considerato dagli autori. Di questo 3% di differenziale, solo 1.2 punti percentuali sono dovuti all'accumulazione di capitale ICT, il resto sembrerebbero essere stato dovuto quasi interamente a differenziali nel tasso di crescita della TFP.

Quali possono essere state le cause di questo differente comportamento del tasso di crescita della TFP nei vari paesi? La teoria ci dice che la TFP dovrebbe crescere di più nei paesi tecnologicamente meno avanzati, perché maggiori sono le opportunità di imitare la tecnologia esistente. Alcuni autori sostengono che le istituzione europee (in termini di mercato del lavoro e di istruzione) fossero più adatte a consentire l'imitazione piuttosto che a favorire nuove scoperte: a convergenza tecnologica avvenuta, le istituzioni europee non sarebbero state più in grado di far crescere la TFP: mercati del lavoro rigidi favoriscono la formazione sul luogo di lavoro (perché il tasso di uscita dall'impresa è basso e quindi l'impresa non "perde" l'investimento effettuato sul singolo lavoratore) ma non favorirebbero la riallocazione della manodopera verso i settori tecnologicamente più avanzati, rendendo più difficile certi processi di riorganizzazione aziendali e il trasferimento di manodopera verso le imprese più innovative. Allo stesso modo i mercati dei capitali favorirebbero le grandi imprese piuttosto che le giovani start-ups (vedi sezioni 8 e 9)e gli istituti pubblici di R&D sarebbero più orientati verso l'innovazione di tipo incrementale (piccoli miglioramenti di una innovazione effettuata da altri), piuttosto che verso le scoperte di tipo fondamentale (*breakthroughs innovations*). Gli autori hanno provato, tramite analisi di tipo econometrico, a verificare se i differenziali nel tasso di crescita della TFP fra paesi fossero riconducibili a differenze nella percentuale di investimento ICT sul totale, nel capitale umano e nel

grado di regolazione economica, sebbene i loro risultati non abbiano supportato questa ipotesi (sebbene altri studi abbiano trovato conclusioni opposte).

Articoli utili:

1) Gordon R e Dew-Becker, I., "Why did Europe's productivity catch-up sputter out? A tale of tigers and tortoises". Disponibile su internet (digitare il titolo su Google).
2) Dew-Becker, I. e Gordon R., "The Role of Labor Market changes in the Slowdown of European Productivity growth", *NBER Working Paper* 13840 (disponibile su www.nber.org/papers/w13840)
3) Van Ark, B., "Does the European Union need to revive productivity growth?". Disponibile su internet (digitare il titolo su Google)
4)Inklaar R., Timmer, M. and van Ark, B., "Market Services Productivity Across Europe and the US", Economic Policy, 2008. Accessibile dai PC dell'Università.
5) Aghion, P. and Howitt, P., "Capital, Innovation and Growth Accounting", Oxford Review of Economic Policy, 23, 1, 2007.

7 La Teoria della Crescita Endogena: alcuni cenni.

La principale conclusione del Modello di Solow è che -se i guadagni spettanti al fattore capitale riflettono il contributo del fattore capitale alla produzione e la quota del fattore capitale è quella che generalmente si assume (circa un terzo)- allora l'accumulazione di capitale non può spiegare le differenze enormi esistenti nel livello del prodotto pro-capite. Solo differenze nel livello della tecnologia potrebbero spiegare differenze nel livello del reddito pro-capite, sebbene non è chiaro perché i paesi poveri non "imitino" la tecnologia dei paesi ricchi e convergano in modo relativamente veloce ai livelli di reddito pro-capite dei paesi ricchi.

Secondariamente, il reddito pro-capite cresce nel lungo periodo unicamente per effetto del progresso tecnologico, che però non viene spiegato dal Modello.

La Teoria della Crescita Endogena è un tentativo di "endogenizzare" il progresso tecnologico, vale a dire spiegare il processo di accumulazione del sapere e delle conoscenze tecnologiche.

Questo è fatto, in linea generale, assumendo che i fattori produttivi accumulabili, vale a dire il capitale e la conoscenza (che è assunta di solito dipendere dal capitale, lavoro e conoscenza impiegate nella sua produzione) abbiano rendimenti di scala non-decrescenti (NB: il lavoro non è un fattore accumulabile, in quanto, fortunatamente, la schiavitù è stata abolita).

Un modello del tipo $Y = AK$, è un modello di questo tipo, in quanto il capitale non ha rendimenti decrescenti come nel Modello di Solow, e quindi l'accumulazione di capitale è in grado di spiegare i processi di crescita nel lungo periodo senza dover ricorrere a progresso tecnico endogeno.

Esistono diversi modelli di crescita endogena. Noi seguiremo una versione semplificata dei modelli di Romer (1990) e Aghion e Howitt (1992) descritta in Romer (2001).

<u>Un Modello generale di Crescita Endogena:</u>

Considereremo due settori produttivi: un settore dove vengono prodotti i beni di consumo, e un settore R&S (Ricerca e Sviluppo) nel quale viene prodotta nuova conoscenza: in particolare,

assumeremo che capitale, lavoro e conoscenza vengano combinati insieme per produrre nuova conoscenza. Assumeremo inoltre che le funzioni di produzione in entrambi i settori sono di tipo Cobb-Douglas. Inoltre assumeremo che il tasso di risparmio, come nel Modello di Solow, sia una funzione costante del reddito e che le quote di lavoro e capitale utilizzate nei due settori, a_L e a_K e $1-a_L$ e $1-a_K$ siano esogenamente date.

La funzione di produzione nel settore che produce beni è data da:

$$Y(t) = [(1-a_K)K(t)]^a [A(t)(1-a_L)L(t)]^{1-a} \ , \ 0 < a < 1 \qquad (7.1)$$

NB: la tecnologia della funzione di produzione 7.1 implica rendimenti costanti di scala (raddoppiando capitale e lavoro si ottiene esattamente un raddoppio della produzione).

La produzione di nuova conoscenza dipende dalle quantità di capitale e lavoro utilizzate nel settore R&D e dal livello della tecnologia:

$$\dot{A}(t) = B[a_K K(t)]^b [a_L L(t)]^g A(t)^f \ , \ B > 0, b \geq 0, g \geq 0 \qquad (7.2)$$

NB: la funzione di produzione del settore R&D rappresentata dall'equazione 7.2 non assume che i rendimenti di scala rispetto al capitale e la lavoro siano costanti: in altre parole, raddoppi nel lavoro e nel capitale potrebbero portare ad incrementi nella produzione di conoscenza minori, uguali o superiori al doppio.

Rendimenti decrescenti sono possibili perché è possibile che raddoppiando gli input non si riesca a raddoppiare il numero delle scoperte.

Tuttavia, poiché i costi di creare un laboratorio possono essere ingenti e, soprattutto, fissi, e l'interazione fra gli scienziati può essere particolarmente fruttuosa, l'esistenza di rendimenti crescenti di scala per capitale e lavoro non può essere esclusa. Inoltre, lo stesso livello di conoscenza può influenzare la creazione di nuova conoscenza: se ? > 0, l'effetto dello stock esistente di conoscenza sulla capacità di creare nuova conoscenza è positivo; se ? < 0 l'effetto sarà negativo (più alto il livello della tecnologia più difficile è creare nuova conoscenza).

Il tasso di risparmio, s, è assunto costante. Per semplicità, assumiamo anche che il tasso di deprezzamento sia pari a zero.

L'equazione che ci da il processo di accumulazione del capitale è la seguente:

$$\dot{K}(t) = sY(t) \tag{7.3}$$

Come nel caso del Modello di Solow, la popolazione è assunta crescere al tasso esogeno n:

$$\dot{L}(t) = nL(t)\,,\ n \geq 0 \tag{7.4}$$

Per semplicità, analizzeremo una versione del Modello senza capitale: questo corrisponde al caso in cui $b = 0, a = 0$.

La funzione di produzione 7.1 diventa:

$$Y(t) = A(t)(1 - a_L)L(t) \tag{7.5}$$

La funzione di produzione 7.2 diventa:

$$\dot{A}(t) = B[a_L L(t)]^g\, A(t)^f \tag{7.6}$$

La 7.5 implica che l'output per lavoratore è proporzionale allo stock di conoscenza e che il tasso di crescita dell'output per lavoratore cresce al tasso di crescita di A. Pertanto è sufficiente concentrarci sulla dinamica di A per capire la dinamica del prodotto per lavoratore.

Dalla 7.6, il tasso di crescita della conoscenza è dato da:

$$g_A(t) = \frac{\dot{A}(t)}{A(t)} = B[a_L L(t)]^g\, A(t)^{f-1} \tag{7.7}$$

Se prendiamo i logaritmi di entrambi i lati della 7.7, otteniamo:

$$\ln g_A(t) = \frac{\dot{A}(t)}{A(t)} = \ln(B) + g \ln a_L + g \ln[L(t)] + (f-1)\ln A(t) \tag{7.8}$$

Differenziando rispetto al tempo, otteniamo il tasso di crescita del tasso di crescita di A:

$$\frac{\dot{g}_A(t)}{g_A(t)} = gn + (f-1)g_A(t) \qquad (7.9)$$

Moltiplicando per $g_A(t)$ entrambi i lati, abbiamo:

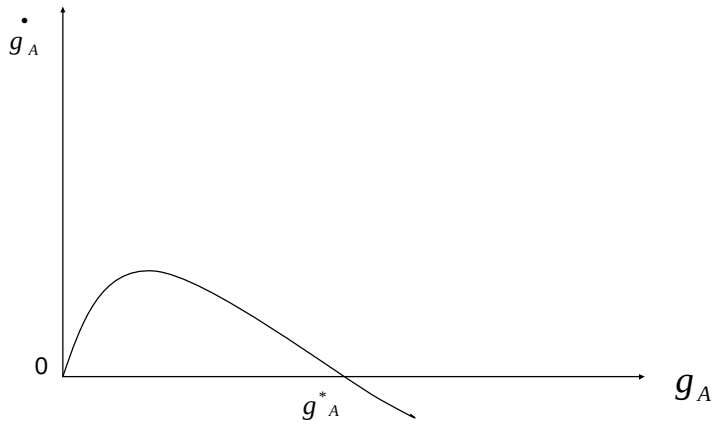
$$\dot{g}_A(t) = gng_A(t) + (f-1)[g_A(t)]^2 \qquad (7.10)$$

I valori iniziali di L e A, nonché i vari parametri, determinano il valore iniziale di g_A (equazione 7.7), mentre l'equazione 7.10 ne determina l'evoluzione nel corso del tempo.

A questo punto occorre distinguere a seconda del valore di f.

Caso I: $f < 1$

Figura 6.1: la dinamica del tasso di crescita della tecnologia quando ?<1



Siccome la funzione di produzione 7.6 ci dice che g_A è sempre positivo, considereremo solo valori positivi di g_A. L'equazione 7.10 implica che per valori molto piccoli di g_A, il tasso di crescita di g_A è anch'esso molto piccolo. Tuttavia, per valori grandi di g_A il tasso di crescita diventa negativo ($f < 1$). Il valore in corrispondenza del quale il tasso di crescita di g_A si azzera è ottenibile risolvendo l'equazione $gn + (f-1)[g_A(t)] = 0$, che dà:

$$g^*_A = \frac{g}{1-q}n \qquad (7.11)$$

In altre parole, indipendentemente delle condizioni iniziali in cui si trova, l'economia tende a convergere a g_A^*. Ad esempio, se i parametri e i valori iniziali di L e A sono tali per cui $g_A(0) < g_A^*$, g_A crescerà fino a raggiungere il valore di g_A^*; se invece sono tali per cui $g_A(0) > g_A^*$, allora g_A diminuisce fino a raggiungere g_A^*.

Una volta raggiunto g_A^*, la tecnologia e il prodotto per lavoratore crescono entrambi al tasso g_A^*, che però è endogeno, dipende cioè dai parametri dell'equazione 7.11.

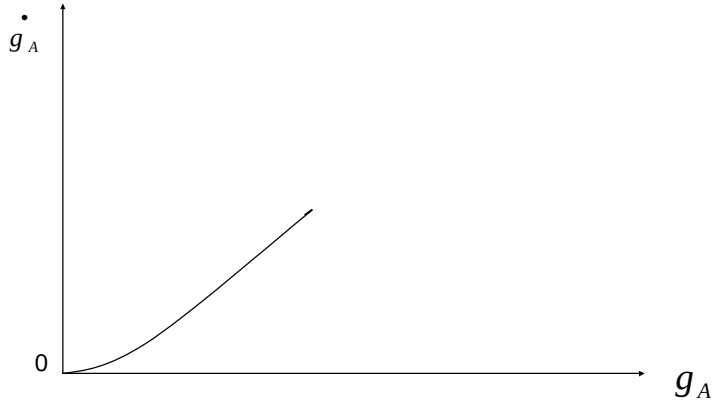
La 7.11 ci dice che la crescita della conoscenza dipende positivamente dal tasso di crescita della popolazione: l'intuizione è che, a livello mondiale, più è grande la popolazione, più ci sono persone che possono realizzare nuove scoperte. (NB: a livello di singoli paesi, il tasso di crescita del prodotto per occupato non è in media più alto nei paesi con forte tasso di crescita della popolazione). L'equazione 7.11 ci dice anche che per avere continua crescita nel prodotto per lavoratore occorre che la popolazione continui a crescere (n > 0): infatti, $f < 1$ implica che la conoscenza è utile a creare nuova conoscenza, ma non al punto tale che la nuova conoscenza cresca più che proporzionalmente al crescere dello stock esistente di conoscenza.

L'equazione 7.11 ci dice anche la frazione di persone occupate nel settore R&S non determina il tasso di crescita della conoscenza. Infatti, dall'equazione 7.8 vediamo che un incremento in a_L determina un temporaneo incremento in g_A, ma siccome la conoscenza ha rendimenti decrescenti, vale a dire aggiunte allo stock di conoscenza determinano aumenti nella conoscenza meno che proporzionali ($f < 1$), il tasso di crescita di g_A torna lentamente a g_A^*, sebbene il livello della conoscenza si mantenga ad un livello permanentemente più elevato. Il punto chiaramente insoddisfacente di questo modello è che, in presenza di rendimenti decrescenti, se n = 0, anche il tasso di crescita del prodotto pro capite è uguale a zero.

Caso II: $q > 1$

Questo corrisponde al caso in cui la produzione di nuova conoscenza cresce più che proporzionalmente con lo stock esistente. Dall'equazione 7.10 possiamo vedere che, per $q > 1$, g_A cresce per ogni possibile valore di g_A (Figura 6.2): in questo caso, l'economia non converge ad un sentiero stabile di crescita, ma continua a crescere a tassi sempre più grandi, in quanto la conoscenza è così produttiva che successivi incrementi marginali della conoscenza risultano in una crescita così grande della conoscenza stessa per cui il tasso di crescita della conoscenza non diminuisce ma aumenta.

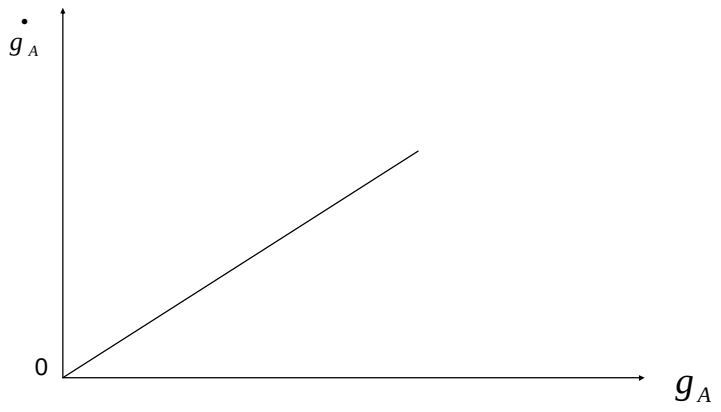
Figura 6.2: la dinamica del tasso di crescita della tecnologia quando ?>1



In questo caso, allocare più lavoratori nel settore R&S ha effetti importanti sul tasso di crescita della conoscenza e quindi del prodotto per occupato, in quanto, nel caso $q > 1$, l'equazione 7.10 ci dice che il tasso di crescita di g_A è un funzione crescente di g_A e quindi, più rapidamente cresce g_A, più rapidamente cresce il suo tasso di crescita.

Caso III, $q = 1$

Figura 6.3: la dinamica del tasso di crescita della tecnologia quando ?=1 e n>0



Quando $q = 1$, la conoscenza esistente è sufficientemente produttiva da far si che la produzione di nuova conoscenza è esattamente proporzionale allo stock. In questo caso, le equazioni 7.7 e 7.10 possono essere riscritte come:

$$g_A(t) = B[a_L L(t)]^g \qquad (7.12)$$

$$\dot{g}_A(t) = gng_A(t) \qquad (7.13)$$

L'equazione 7.13 ci dice che, purché n>0, g_A continuerà a crescere nel tempo. Inoltre, poiché il tasso di crescita della conoscenza e del prodotto per occupato sono dati dalla 7.12, un incremento nella quota di lavoratori allocate nel settore R&S tende ad incrementare g_A e, quindi, il tasso di crescita di lungo periodo del prodotto per lavoratore. Se n = 0, il tasso di crescita della conoscenza non continuerà a crescere, ma sarà comunque positivo e dato dalla equazione 7.12.

L'esistenza dei tre casi dipende dal fatto che se q è maggiore, minore o uguale di 1 nell'economia prevalgono rendimenti di scala crescenti, decrescenti o costanti nei fattori produttivi "accumulabili"; non essendovi capitale (ed essendo il lavoro un fattore non prodotto), l'unico fattore produttivo "prodotto" (cioè accumulabile) è la conoscenza. In presenza di rendimenti

costanti di scala nei fattori prodotti, un incremento del 1% in A genera un incremento in $\dot{A}$ esattamente dell' 1%. Se, invece, vale $q > 1$, un incremento in A del 1% genera un incremento in $\dot{A}$ maggiore dell'1%, per cui l'incremento in A incrementa il tasso di crescita di A e la crescita della conoscenza si "autosostiene". Infine, quando $f < 1$, l'incremento in $\dot{A}$ conseguente ad un incremento dell' 1% di A è inferiore a 1%, e quindi il tasso di crescita della conoscenza tende a diminuire.

La versione di questo Modello con capitale (equazioni 7.1-7.4) offre risultati simili.

Quando i rendimenti di scala nei fattori "prodotti" (capitale e conoscenza) sono decrescenti ($b + q < 1$), l'economia converge ad un tasso di crescita del prodotto per occupato costante, che dipende dal tasso di crescita della popolazione ma non dipende né dalla frazione di capitale e lavoro occupata nel settore R&S né dal tasso di risparmio.

Quando i rendimenti di scala nei fattori "prodotti" sono crescenti ($b + q > 1$), il tasso di crescita della conoscenza cresce continuamente e dipende positivamente dal tasso di crescita della popolazione e dal tasso di risparmio.

Infine, nel caso in cui i rendimenti di scala nei fattori "prodotti" sono costanti ($b + q = 1$), l'andamento del tasso di crescita della conoscenza ricalca quello analogo esaminato nel caso di rendimenti crescenti di scala. Quando il tasso di crescita della popolazione è uguale a zero, l'economia converge ad un tasso di crescita bilanciata: in particolare, incrementi nel tasso di risparmio tendono ad incrementare tale tasso di crescita.

Il Modello di Romer (1990)

Una versione semplificata di questo modello è il modello di progresso tecnologico endogeno proposto da P. Romer (1990): tale modello equivale al Modello composto dalle equazioni 6.1-6.4 con $b = 0, q = 1, g = 1, n = 0$ e tutto il capitale allocato alla produzione di beni, per cui la funzione di produzione della conoscenza e la funzione di produzione dei beni sono date da:

$$\dot{A}(t) = Ba_L L(t)A(t) \qquad (7.14)$$

$$Y(t) = [K(t)]^a [A(t)(1-a_L)L(t)]^{1-a} \qquad (7.15)$$

L'equazione 7.14 ci dice che il tasso di crescita della conoscenza e dell'output (in quanto n=0) è pari a $Ba_L L$: il modello dà risultati molto simili al modello di Solow, ma il progresso tecnologico è endogeno.

Il Modello di *Learning by Doing* (Arrow, 1962 e Romer, 1986)

L'idea alla base di questo modello è che la capacità della forza lavoro è di solito il risultato dell'attività di produzione, cioè gli individui apprendono "facendo" (*learning by doing*). Ad esempio, Arrow (1962) cita la regolarità empirica secondo la quale una volta che il design di un nuovo aereo è stato introdotto, il tempo di costruzione del motore dell'aereo "marginale" è inversamente proporzionale alla radice cubica del numero di aereo di quel modello prodotti fino a quel punto: questo incremento di produttività dei lavoratori avviene senza che alcuna innovazione sia stata introdotta nel sistema produttivo. Quando il *learning by doing* è la fonte principale del progresso tecnologico, il tasso di accumulazione di conoscenza dipende anche da quanta nuova conoscenza è generata nel processo produttivo. Un modello di crescita endogena basato sul *learning by doing* può essere formulato sulla base di due equazioni principali:

$$Y(t) = [K(t)]^a [A(t)L(t)]^{1-a} \qquad (7.16)$$

$$A(t) = BK(t)^f \qquad (7.17)$$

La prima equazione è una funzione di produzione CD con progresso tecnico di tipo neutrale secondo Harrod. L'equazione 7.17 dice che il livello della tecnologia dipende dal livello di capitale impiegato nel processo produttivo. Sostituendo la 7.17 nella 7.16 abbiamo:

$$Y(t) = [K(t)]^a B^{1-a} K(t)^{f(1-a)} [L(t)]^{1-a} \qquad (7.18)$$

Poiché $\dot{K}(t) = sY(t)$, la dinamica di K è data da:

$$\dot{K}(t) = sB^{1-a}[K(t)]^{a} K(t)^{f(1.a)}[L(t)]^{1-a} \qquad (7.19)$$

Possiamo notare una forte somiglianza fra l'equazione 7.19 e la equazione 7.6 del modello senza capitale: in entrambi i casi vi è un solo input prodotto, la conoscenza nel caso del modello senza capitale e il capitale nel caso del modello di *learning by doing*. Come nell'equazione 7.6 la dinamica dell'accumulazione della conoscenza dipende dal parametro q, così nel caso dell'equazione 7.19 la dinamica dell'accumulazione di capitale dipende da $a + f(1-a)$. Infatti, il valore di $a + f(1-a)$ ci dice se esistono rendimenti crescenti, costanti o decrescenti di scala nei fattori prodotti (capitale). Un caso spesso analizzato è quello in cui $f = 1$ e il tasso di crescita della popolazione è pari a zero. In questo caso, la funzione di produzione 7.18 diventa:

$$Y(t) = bK(t), \qquad b = B^{1-a} L^{1-a} \qquad (7.20)$$

Per questo motivo, modelli di crescita esogeni come questo sono noti come modelli AK.

La 7.19 diventa:

$$\dot{K}(t) = sbK(t) \qquad (7.21)$$

L'equazione 7.21 implica che il tasso di crescita del capitale (e del capitale per addetto, in quanto n=0) cresce al tasso *sb*, e siccome il prodotto è proporzionale a K, anche il prodotto cresce al tasso *sb*.

NB: anche in questo modello, la crescita è endogena, e dipende dal tasso di risparmio. La crescita è endogena in quanto il capitale non ha rendimenti decrescenti come nel modello di Solow: infatti il capitale contribuisce alla produzione direttamente (è il termine $[K(t)]^{a}$ nelle 7.18) ma anche indirettamente grazie al contributo che dà allo sviluppo di nuove idee (è il termine $K(t)^{f(1-a)}$ nella equazione 7.18).

I modelli di crescita endogena che abbiamo visto finora spiegano il processo di crescita di lungo periodo senza dover ricorrere ad un progresso tecnico "esogenamente" dato: lo fanno generalmente

assumendo che i rendimenti di scala dei fattori prodotti non soffrono di rendimenti decrescenti (il modello di *Learning by Doing* e, in generale, i modelli di tipo AK ne sono una esemplificazione).

Alcune implicazioni dei modelli di Crescita Endogena: spesa in R&S

Abbiamo visto finora che, in assenza di crescita della popolazione, i rendimenti non-decrescenti dei fattori accumulabili sono il meccanismo che permette al prodotto per occupato di crescere senza ricorrere a un progresso tecnico esogeno.

Romer (1986) fornisce una possibile spiegazione dell'esistenza di rendimenti non decrescenti di scala nei fattori accumulabili (o "prodotti"): le imprese quando investono in conoscenza (o in capitale, come nel Modello di *Learning by doing*), contribuiscono non solo ad incrementare il proprio potenziale produttivo tramite un maggior livello di conoscenza, ma anche quello delle altre imprese, in quanto la conoscenza è, sotto certi aspetti, un bene pubblico, non rivale e non escludibile. Un bene non rivale è un bene il cui consumo non preclude il consumo ad altri. Un bene non escludibile è un bene per il quale è impossibile escludere gli altri dal consumo. Pertanto, un incremento nello stock di conoscenza da parte di una singola impresa, incrementa sia la conoscenza dell'impresa stessa che della società nel suo complesso, impedendo che l'accumulazione di capitale incorra in rendimenti decrescenti (pensate ad esempio anche alle innovazioni che sono fatte sulla base di una innovazione precedente, senza la quale la seconda non sarebbe stata possibile o avrebbe richiesto molte più risorse). Nel Modello di Romer del 1986 la conoscenza è modellata come funzione della spesa in R&S, mentre nella versione di Arrow, la conoscenza dipende dagli investimenti passati in capitale fisico.

La conoscenza è, in una certa misura, un bene non rivale e non escludibile in quanto, quando una scoperta è stata fatta, tutti ne possono godere ed è difficile precluderne agli altri l'utilizzo. Ovviamente, diverse forme di conoscenza avranno gradi diversi di escludibilità e non rivalità: ad esempio, alcune conoscenze di tipo organizzativo sono insite nelle routine aziendali e non sono facilmente trasferibili da una azienda all'altra, o imitabili. La formula della Coca Cola è

sufficientemente complessa da non essere imitabile. Altre forme di conoscenza, ad esempio nuovi macchinari, ecc, possono essere più facilmente imitabili. In generale, le caratteristiche di bene pubblico della conoscenza fanno si che la sua produzione non possa essere lasciata solamente ai meccanismi di mercato. Infatti, se le imprese non possono godere degli investimenti realizzati (perché sono imitate dai competitori senza che questi investano le risorse necessarie per produrre l'innovazione), allora tali investimenti saranno necessariamente sub-ottimali. Se il tipo di conoscenza è tale da essere totalmente non escludibile, è difficile che il mercato, da solo, realizzi gli investimenti necessari a produrlo. Inoltre, la natura stessa del processo di ricerca può contribuire a spiegare perché l'investimento in R&S può essere insufficiente in una economia di mercato: ad esempio, se si ritiene che una certa scoperta potrebbe portare, necessariamente, a nuove scoperte tali da consentire l'introduzione di prodotti migliori, è possibile che l'incentivo a innovare per primi sia molto basso, in quanto l'impresa che introduce la propria innovazione non riuscirebbe a sfruttare adeguatamente la prima innovazione, dato che nuovi e ancora migliori prodotti verranno introdotti in poco tempo sul mercato.

Le moderne economie di mercato tentano di risolvere questi problemi da un lato con il sistema dei brevetti, che danno il diritto agli inventori di godere dei benefici di una invenzione ricevendo una somma in cambio del diritto all'utilizzo dell'invenzione stessa (NB: se però l'invenzione è tale da generare rapidamente nuove innovazioni, anche il sistema dei brevetti potrebbe rivelarsi insufficiente a incentivare lo sviluppo dell'innovazione); dall'altra con sussidi pubblici alla ricerca, specialmente quella di tipo più accademico che, siccome è utile alla produzione (perché da essa traggono origine la ricerca più applicata che poi si traduce in nuovi prodotti o nuovi e più efficienti modi di fare le cose), ma è completamente non rivale (o quasi) e non escludibile, non verrebbe prodotta in prima istanza

In altre parole, i Modelli di Crescita Endogena sembrano giustificare un ruolo più attivo da parte del governo, in quanto, visto il ruolo centrale giocato dalle imprese nella creazione di nuova conoscenza e vista la natura di bene pubblico della conoscenza stessa, il governo può incentivare la

crescita economica fornendo sussidi alle imprese che realizzano attività di R&S, ad esempio fornendo denaro o sgravi fiscali.

L'esistenza di meccanismi tali per cui gli inventori hanno la possibilità di godere, almeno in parte, delle innovazioni da essi introdotte dipende, oltre che dalla tipologia di conoscenza da essi creata, anche e soprattutto dalle istituzioni tese a proteggere i diritti di proprietà. Istituzioni che non proteggono in modo adeguato i diritti di proprietà, tenderanno a generare crescita economica più bassa. Più in generale, una società che non crea un ambiente favorevole alla generazione delle innovazioni (o alla loro gestione), tenderanno ad avere tassi di crescita più bassi.

Ricordiamo comunque che il brevetto garantisce un diritto di monopolio temporaneo sull'utilizzo di una innovazione, il che comporta una perdita di benessere per i consumatori (il prezzo del prodotto basato su quella innovazione sarà più alto); inoltre se le altre imprese avessero accesso all'innovazione senza dover pagare, potrebbero sviluppare più facilmente nuove innovazioni. In altre parole, troppo poca protezione porterà a poca R&S; troppa protezione, oltre ad imporre costi alti ai consumatori, potrebbe rendere più difficile per la nuova R&S basarsi sui risultati della vecchia R&S, il che potrebbe portare, paradossalmente, a troppo poca R&S.

I modelli di crescita endogena: alcune critiche

I Modelli di crescita endogena del tipo considerati in questa sezione sono stati criticati per l'inconsistenza di alcune loro predizioni con la realtà.

Infatti, i modelli da noi analizzati implicano (nel caso in cui i valori dei parameri sono tali da generare rendimenti crescenti o costanti dei fattori "prodotti") che il tasso di crescita nel prodotto per occupato sia una funzione crescente del tasso di crescita della popolazione, delle risorse dedicate a R&S e del tasso di risparmio.

Tuttavia, l'evidenza empirica ci dice che la popolazione è stata in continua crescita, il tasso di risparmio è cresciuto e la frazione di risorse dedicate alla R&S è cresciuta fortemente in molti paesi.

I modelli di crescita endogena con rendimenti crescenti o costanti implicherebbero pertanto tassi di crescita del prodotto per occupato continuamente crescenti, il che non si è verificato. Inoltre molti modelli di crescita endogena predicono che la grandezza del paese abbia un impatto positivo sulla crescita di lungo periodo, in quanto più è grande il paese e più persone potranno essere occupate nel settore R&S, che aumenteranno lo stock di conoscenza per la società nel suo complesso. Anche in questo caso, tuttavia, sembra che la relazione fra crescita e dimensione del paese, o fra crescita della produttività e numero di ingegneri occupati in attività di R&S sia, al più, alquanto debole.

Concludendo, possiamo dire che, in generale, i modelli di crescita endogena sono importanti in quanto ci danno una possibile spiegazione del progresso tecnologico e delle sue possibili determinanti. Nel lungo periodo, la contabilità della crescita suggerisce che il progresso tecnologico sembra essere la determinante principale nella crescita del prodotto per occupato.

I modelli di crescita endogena ci spiegano come è possibile spiegare endogenamente la crescita del livello di conoscenza di un'economia.

Tuttavia i modelli di crescita endogena non sembrano aiutarci più di tanto a spiegare i differenziali di reddito pro-capite. Infatti se la tecnologia è la principale responsabile della crescita nel prodotto per occupato, la tecnologia è, essenzialmente, non rivale e non escludibile, e sembra poco credibile che i paesi poveri siano così poveri da non essere in grado di acquistare la tecnologia prodotta nei paesi ricchi: se lo facessero, potrebbero imitare i paesi più avanzati e, in poco tempo, convergere al loro livello di reddito pro-capite, oppure incentivare le imprese dei paesi ricchi a localizzare alcuni impianti nei propri paesi assicurando loro il rispetto dei diritti di proprietà. È possibile pertanto che avere a disposizione la tecnologia non sia sufficiente, e che occorra avere a disposizione anche persone in grado di utilizzare la tecnologia. Occorre cioè che i paesi poveri abbiano un capitale umano comparabile a quello dei paesi ricchi.

8 Il ruolo del capitale umano e delle infrastrutture sociali

Il ruolo del capitale umano

Un modo per inserire il capitale umano nella analisi è quella di considerare un Modello di Solow in cui esistono due forme di capitale, capitale fisico e capitale umano. Il modo più semplice di farlo è quello di considerare una funzione di produzione di tipo Cobb-Douglas:

$$Y(t) = K(t)^{a}\,[A(t)H(t)]^{1-a} \qquad (8.1)$$

H rappresenta i servizi offerti dal fattore lavoro: $H = Lh$, dove L è il numero di lavoratori impiegati nella produzione e h è la qualità dei lavoratori, rappresentata ad esempio dal numero di anni che i lavoratori hanno, in media, frequentato la scuola.

Il modello è, a parte questa differenza, molto simile al modello di Solow: ad esempio, l'economia converge ad un sentiero di crescita bilanciata dove il prodotto per unita di lavoro efficiente è costante. Inoltre cambiamenti nel tasso di risparmio non hanno effetti permanenti sul tasso di crescita del prodotto per lavoratore.

Tuttavia, l'introduzione del capitale umano, nella forma di un indice di qualità dei lavoratori fa sì che le differenze fra paesi nel reddito pro-capite possano essere attribuite non solo a differenze nel rapporto capitale-lavoro o nella diversità delle tecnologie a disposizione, ma anche a differenze nel capitale umano dei lavoratori. Un esempio di questo approccio è quello utilizzato, fra gli altri, da Hall e Jones (1999), che seguiremo.

Prendendo i logaritmi dell'equazione 8.1 e sottraendo L da entrambi i lati, otteniamo:

$$\ln\frac{Y(t)}{L(t)} = a\,\ln\frac{K(t)}{L(t)} + (1-a)\ln\frac{H(t)}{L(t)} + (1-a)\ln A(t) \qquad (8.2)$$

Sottraendo $a \ln \frac{Y(t)}{L(t)}$ da entrambi i lati, otteniamo:

$$(1-a)\ln\frac{Y(t)}{L(t)} = a\ln\frac{K(t)}{L(t)} - a\ln\frac{Y}{L} + (1-a)\ln\frac{H(t)}{L(t)} + (1-a)\ln A(t) =$$
$$= a\ln\frac{K(t)}{Y(t)} + (1-a)\ln\frac{H(t)}{L(t)} + (1-a)\ln A(t) \qquad 8.3$$

Dividendo per $(1-a)$ entrambi i lati, abbiamo:

$$\ln\frac{Y(t)}{L(t)} = \frac{a}{1-a}\ln\frac{K(t)}{Y(t)} + \ln\frac{H(t)}{L(t)} + \ln A(t) \qquad (8.4)$$

La 8.4 decompone il prodotto per lavoratore in tre termini: l'intensità di capitale K/Y, i servizi del lavoro per lavoratore e, infine, il progresso tecnologico.

La 8.4 può essere usata per spiegare le differenze fra paesi nel livello del reddito pro capite.

L'utilizzo della 8.4 è complicata dal fatto che è difficile avere dati su H, cioè sui servizi del fattore lavoro. Per ovviare a ciò, Hall e Jones assumono che H è una funzione crescente degli anni di scuola dei lavoratori: $H = e^{f(E)}L$, dove E è il numero medio di anni di scuola dei lavoratori. La funzione f è una funzione crescente del numero di anni trascorso a scuola dai lavoratori: in particolare, Hall e Jones assumono che l'impatto di un anno addizionale di scuola sulla produttività dei lavoratori sia decrescente. Una volta costruito H, usano metodi econometrici per stimare la equazione 8.4. I lori risultati li portano a concludere che il gap nel prodotto per occupato dei paesi poveri rispetto ai paesi ricchi è dovuto, per circa il 17%, a differenze nell'intensità di capitale (il termine $\frac{a}{1-a}\ln\frac{K(t)}{Y(t)}$ nell'equazione 8.4); per circa il 23% a differenze nel grado di istruzione della forza lavoro (il termine $\ln\frac{H(t)}{L(t)}$ nella 8.4) e per circa il 60% a differenze nel livello della tecnologia.

Hall e Jones hanno anche riscontrato che i paesi con alto livello tecnologico tendono ad avere anche un alto livello nella scolarizzazione dei lavoratori. In effetti, per imitare la tecnologia degli altri, occorre anche saperla utilizzare. La spesa in R&S da parte delle imprese non è infatti solo volta a introdurre nuove scoperte, ma anche a permettere ai tecnici delle imprese di "tenere" il passo con le

scoperte tecnologiche realizzate dagli altri, che spesso sono tali da non consentirne l'utilizzo da tecnici che non siano anch'essi "alla frontiera" della ricerca (esempio: se una impresa farmaceutica non conducesse ricerca, non sarebbe in grado nemmeno di sfruttare i brevetti ottenuti da altre imprese).

Altre stime, che hanno cercato di misurare meglio il capitale umano, hanno individuato un maggior ruolo di quest'ultimo nello spiegare i differenziali di reddito fra paesi, attribuendo a differenze nel capitale umano il 33% circa della differenza nel prodotto per lavoratore che esiste fra paesi ricchi e paesi poveri, con l'intensità di capitale e la tecnologia che spiegano, rispettivamente, il 17% e il 50% della differenza.

Possiamo notare che la differenza in $\ln \frac{Y(t)}{L(t)}$ fra paesi ricchi e poveri è di circa 3.5 volte (che implica una differenza di $e^{3.5}$ volte nei livelli di prodotto per lavoratore): di queste, il 17%, vale a dire 0.6, è dovuto a differenze in $\frac{a}{1-a} \ln \frac{K(t)}{Y(t)}$. Dato che sappiamo che $a = 1/3$, nei paesi ricchi $\ln \frac{K(t)}{Y(t)}$ è di circa 1.2 volte più grande che nei paesi poveri, il che implica che $\ln \frac{Y(t)}{K(t)}$ è circa 1.2 volte più grande nei paesi poveri. Sappiamo anche che, nel caso di una funzione di produzione Cobb-Duglas, il prodotto marginale del capitale è $a \frac{Y}{K}$, il che a su volta implica che il prodotto marginale del capitale è circa $e^{1.2} \approx 3.3$ volte più grande nei paesi poveri. Avevamo visto che una delle implicazioni del modello di Solow è che le differenze nel prodotto marginale del capitale avrebbero dovuto essere pari a circa 1000 volte, il che non è sicuramente credibile. Tuttavia, nel caso in cui il modello è modificato con l'inclusione de capitale umano, vediamo che la differenza è di circa 3 volte, il che è molto più credibile, e spiegabile, fra l'altro, con l'esistenza del pericolo di espropriazione, la insufficiente definizione dei diritti di proprietà, la corruzione, ecc.

<u>Pertanto, l'inclusione del capitale umano produce risultati più coerenti con la realtà di quanto non faccia il modello di Solow.</u>

Ruolo delle infrastrutture sociali

Sebbene l'idea sia alquanto vecchia, recentemente molti economisti hanno investigato la possibilità che le infrastrutture sociali -vale a dire le istituzioni e le politiche che determinano le condizioni in cui gli individui accumulano capitale fisico e capitale umano- soprattutto quelle che influenzano la scelta degli agenti economici fra l'investimento (che influenza lo stock di capitale ed è quindi produttivo) e il consumo, rivestano un ruolo centrale nello spiegare la crescita economica e i divari di ricchezza fra paesi.

Ci sono 3 tipi principali di infrastrutture sociali:

1. Le politiche fiscali del governo: alti livelli di tassazione tendono a generare evasione fiscale e quindi a far sviluppare un mercato sommerso, anche quando le attività che vi si svolgono non sarebbe efficiente venissero prodotte (analogamente, in alcuni paesi l'evasione fiscale ha un grado di tollerabilità sociale maggiore rispetto ad altre). Inoltre la suddivisione della spesa pubblica può avere importanza: a parità di condizioni, una spesa pubblica maggiormente rivolta a finanziare istruzione e ricerca piuttosto che trasferimenti (ad esempio, sussidi alle squadre di calcio per pagare di più i calciatori, invece che fondi per i biologi) può avere implicazioni significative sul livello degli investimenti, soprattutto quelli che il mercato potrebbe fornire in modo sub-ottimale.
2. Fattori che, generalmente, determinano le condizioni in cui le decisioni private vengono assunte: se i contratti non vengono rispettati, se le interpretazioni della legge variano o tardano ad essere implementate, è possibile che gli individui tendano a non investire in progetti di lungo periodo, che però risultano essere quelli che, di solito, hanno un impatto più importante in termine di crescita economica. Allo stesso modo, una economia concorrenziale, in cui non esistono posizioni dominanti, dovrebbe incentivare maggiormente gli individui a rischiare, in quanto è difficile che le proprie iniziative vengano in qualche

modo ostacolate dai detentori delle posizioni dominanti nel marcato. Un simile effetto è prodotto da politiche che incentivano il libero commercio. In genere, se le infrastrutture sociali di una paese sono tali da incoraggiare gli individui ad accumulare capitale, sia fisico che umano, allora il livello del reddito pro capite di quel paese tenderà ad essere relativamente più elevato. Esempio 1: il rendimento per un individuo del proprio investimento in capitale umano è dato dalla differenza fra il salario che guadagna e quello che avrebbe guadagnato senza l'investimento in capitale umano (ad esempio, per un laureato, il salario che avrebbe guadagnato se avesse terminato gli studi con un diploma di scuola superiore): se i differenziali salariali fra laureati e non laureati non sono sufficientemente grandi, l'incentivo ad investire in capitale umano sarà ridotto. Esempio 2: l'esistenza di criminalità organizzata di tipo mafioso. Il racket consiste in una espropriazione dei rendimenti dell'attività di accumulazione del capitale degli imprenditori: dove la mafia è forte, gli incentivi ad investire sono necessariamente minori.

3. Le attività di cattura delle rendite da parte del governo: il governo può favorire lo sviluppo economico favorendo le infrastrutture sociali favorevoli alla crescita (es: una giustizia funzionante, un sistema volto a favorire quelle attività importanti per la crescita non fornite in modo ottimale dal mercato, come la conoscenza); tuttavia il governo può esso stesso svolgere attività nociva, ad esempio, richiedendo tangenti (e catturando quindi i profitti degli imprenditori i quali, a loro volta, aumenteranno i prezzi ai consumatori), non contrastando in modo adeguato il comportamento di lobbies che tentano di catturare le rendite, come alcune categorie di imprese che operano in condizioni protette dalla concorrenza, o la criminalità organizzata.

Un esempio dell'importanza delle infrastrutture sociali è costituito da paesi che sono stati divisi, come la Germania e la Corea: sebbene in termini di risorse naturali, livelli di reddito e capitale umano, ad esempio, Germania est e Germania ovest fossero simili, lo sviluppo della seconda fu

molto più significativo (a stessa cosa accadde in Corea del Sud rispetto alla Corea del Nord): la differenza probabilmente è da ascriversi alle differenti infrastrutture sociali.

Altra evidenza empirica consistente con l'idea che le infrastrutture sociali siano importanti determinanti delle differenze di reddito pro-capite fra paesi è derivabile dalle indagini empiriche condotte utilizzando equazioni come la 8.4. Infatti, abbiamo visto che esistono fra paesi significative differenze nel rapporto capitale-prodotto: se la funzione di produzione è Cobb-Douglas, differenze nel rapporto K/Y implicano una differenza nel prodotto marginale del capitale. Questa differenza nei prodotti marginali del capitale può essere spiegabile con l'esistenza di una diversità fra i paesi nel gap che esiste fra prodotto marginale del capitale e incentivi ad investire per gli imprenditori (cioè fra rendimento sociale dell'investimento e rendimento privato): nei paesi poveri il gap fra rendimenti sociale dell'investimento e rendimento privato potrebbe essere più ampio che nei paesi ricchi per l'esistenza di più alte tasse sul capitale, rischi di esproprio, corruzione, ecc: in altre parole, le differenze fra rendimento sociale dell'investimento e rendimento privato in diversi paesi rifletterebbe l'esistenza di differenze nelle infrastrutture sociali dei diversi paesi: più ampia la differenza fra rendimento sociale e privato degli investimenti, minori sono gli incentivi ad investire.

Uno degli studi più completi sull'impatto delle infrastrutture sociali nello spiegare le differenze internazionali nel prodotto per occupato è quello di Hall e Jones (1999). Nel loro articolo costruiscono due misure delle infrastrutture sociali di ogni paese. La prima è un indice che cerca di misurare l'efficienza delle politiche del governo volte ad impedire le attività di ricerca della rendita: grado di rispetto della legge, qualità della burocrazia, livello di corruzione, rischio di esproprio, ripudio dei contratti da parte del governo. La seconda misura delle infrastrutture sociali usata da Hall e Jones è un indice di apertura del mercato interno agli scambi con l'estero: più un paese è aperto, più l'economia è concorrenziale, minori le entrate del governo ottenute tramite tariffe, minori le possibilità dell'affermarsi di rendite di posizione; inoltre più un paese è aperto, più facile è importare idee dal resto del mondo, imitare le nuove tecnologie, ecc.

È importante notare che le infrastrutture sociali non sono esogene, ma dipendono, fra l'altro, dal livello del reddito e da altre variabili che influenzano anche il prodotto per lavoratore, come il capitale umano. Tuttavia, esistono metodi statistici che ci permettono di isolare l'impatto delle infrastrutture sul livello del prodotto per lavoratore. I risultati di Hall e Jones ci dicono che le infrastrutture sociali hanno un impatto molto importante nello spiegare le differenze nel prodotto per occupato dei vari paesi. In particolare, Hall e Jones hanno riscontrato che i paesi con alti livelli di infrastrutture sociali tendono ad avere alti livelli di intensità di capitale (K/Y), di capitale umano per lavoratore e di produttività totale dei fattori (vedi equazione 8.4).

Possiamo concludere l'analisi di Hall e Jones ricordando che diversi paesi sono caratterizzati da diversi livelli nel prodotto per occupato: queste differenze riflettono diversità nell'intensità di capitale, nel capitale umano per lavoratore e nella efficienza con cui i fattori produttivi sono impiegati nel processo produttivo. Inoltre, queste tre determinanti del prodotto per occupato dipendono, in larga parte, dalle infrastrutture sociali dei diversi paesi.

Fra le variabili che influenzano –in un senso o nell'altro- la infrastruttura sociale di un paese possiamo ricordare il rispetto della legge, l'esistenza di politiche pubbliche volte a favorire il mercato, l'esistenza di forte criminalità, il grado di sviluppo finanziario, l'inflazione. Mentre nella prossima sezione tratteremo il ruolo delle regolamentazioni sul mercato dei beni e dei fattori produttivi come possibile determinante della spesa in R&S e della crescita della produttività, in questa sezione ci soffermeremo brevemente sul ruolo del settore finanziario come motore componente importante della infrastruttura sociale di un paese.

Infatti il sistema finanziario svolge un ruolo determinante al fine di veicolare le risorse finanziarie dai settori in surplus di risparmio ai settori in deficit, finanziando l'accumulazione di capitale e la diffusione di nuove tecnologie. Un migliore sistema finanziario riduce le asimmetrie informative che esistono fra datori e prenditori di fondi e permette di finanziare una quantità maggiore di progetti, di separare meglio i progetti "buoni" da quelli "meno buoni" nonché di monitorare il comportamento dei managers.

Ad esempio, i risultati empirici di Levin e Zervos (1998) hanno mostrato come mercati borsistici e banche più efficienti tendono ad incrementare il tasso di innovazione tecnologica, in quanto permettono di identificare, e quindi di finanziare, gli imprenditori con le idee migliori e più innovative (al contrario di quanto accade in paesi con mercati finanziari poco efficienti, dove il criterio per la allocazione dei fondi è primariamente la fornitura di garanzie, o il grado di "conoscenza" con i funzionari della banca).

Rajan e Zingales (1998) riscontrano che i settori produttivi che hanno relativamente più bisogno di fondi esterni per finanziare lo sviluppo tendono a crescere di più nei paesi che hanno migliori settori finanziari.

Kortum e Lerner (1998) hanno riscontrato, per gli USA, che l'ammontare di *venture capital* (il venture capital è spesso l'unica fonte di finanziamento per le imprese giovani e innovative, che pertanto non hanno né un merito di credito né garanzie, e pertanto non riescono a procurasi fondi presso il sistema bancario) in un settore tende ad incrementare il numero di brevetti introdotti in quel settore.

Nel caso dell'Italia uno studio recente (Guiso et al, 2004) ha mostrato econometricamente che un maggiore sviluppo finanziario (inteso come una minor probabilità di vedersi negare un credito richiesto) tende ad incrementare la crescita produttiva delle imprese, la probabilità di fondare un'impresa, l'ingresso di nuove imprese sul mercato, il numero di imprese pro-capite nella regione, e il tasso di crescita regionale, e a ridurre l'età media dei nuovi imprenditori

Per rendere l'idea dell'importanza dello sviluppo finanziario, possiamo notare che passando dalla regione meno sviluppata finanziariamente alla più sviluppata:

1. Il rapporto fra nuove imprese e popolazione della regione aumenta del 25%
2. La probabilità di fondare una nuova impresa aumenta di circa5.6 punti percentuali
3. Una impresa localizzata nella regione più sviluppata finanziariamente cresce di circa il 6% più velocemente di una localizzata nella regione meno sviluppata

4. Il tasso di crescita del PIL pro capite cresce di 1.2 punti percentuali (ad esempio, la differenza nel PIL pro capite fra Roma e Milano, che è di circa il 50%, potrebbe essere in gran parte spiegato dal diverso grado di sviluppo finanziario)

È interessante notare che i loro dati mostrano come le regioni del sud abbiano un grado di sviluppo economico inferiore rispetto a quelle del nord: in particolare, la Calabria e la Campania sarebbero le regioni italiane con un più basso grado di sviluppo finanziario, mentre le Marche e la Liguria le regioni con il più alto grado di sviluppo finanziario, seguite da Emilia, Veneto, Piemonte, Trentino e Lombardia.

Che cosa determini in pratica il livello delle infrastrutture sociali non è ancora ben chiaro.

1. Alcuni economisti si sono focalizzati sul ruolo degli incentivi degli individui che, in campi diversi della società e dell'economia, rivestono ruoli di potere. Uno degli esempi classici è quello del dittatore assoluto: un dittatore assoluto ha poteri di esproprio delle risorse virtualmente illimitati. Sapendolo, gli individui accumulano meno risorse possibili, il che porta a basso sviluppo economico e a società a basso reddito. Il dittatore avrebbe incentivo a ridurre un poco il proprio potere, incoraggiando e promuovendo il risparmio e l'investimento, perché aumenterebbe il livello del reddito del paese e, quindi, anche le risorse di cui potrebbe appropriasi. Tuttavia, un dittatore assoluto non ha alcun bisogno di vivere in un paese ricco per essere infinitamente ricco e, siccome concedere anche un poco di potere potrebbe determinare la perdita di tutto il potere, spesso accade che i dittatori assoluti restino tali, e il paese si assesti su un livello di vita basso. Questo è anche il caso di paesi dominati da poche famiglie che si spartiscono il potere politico utilizzando le risorse naturali del paese (esempio di molti dei paesi produttori di petrolio: NB la differenza fra la Norvegia e gli altri paesi produttori di risorse naturali). Un altro esempio è quello di

lavoratori (dipendenti o autonomi) che lavorano in settori protetti dalla concorrenza. Mentre l'eliminazione delle protezioni dalla concorrenza potrebbero essere in grado di generare un aumento tale di risorse (tramite la maggior crescita) da compensare anche tali lavoratori, in genere (forse per le difficoltà di quantificare tale incremento) essi si oppongono a cambiamenti nello status quo.

2. Un altro tipo di spiegazioni si basa sul ruolo della cultura e quindi, in generale, sulle differenze che esistono fra paesi in termini di religione, struttura familiare, ecc. Ad esempio, in alcuni paesi la violazione delle norme di legge è considerata moralmente inaccettabile, mentre in altri paesi lo stesso comportamento non produce alcun "stigma sociale".
3. Altri economisti hanno infine cercato di spiegare le differenze nel livello delle infrastrutture sociali sulla base delle convinzioni esistenti in alcuni paesi sui meriti relativi di diverse politiche e istituzioni economiche (esempio, più o meno basate sul mercato o sulla pianificazione).

Crescita Economica, Oligarchie e Democrazie (Acemoglu, 2008).

In generale, gli economisti concordano sul fatto che la protezione dei diritti di proprietà sia una condizione necessaria per la crescita economica nel lungo periodo. Tuttavia, tale condizione non sembra essere sufficiente. Infatti molti regimi di tipo oligarchico (intendo per oligarchie quei regimi nei quali il potere economico appartiene essenzialmente alle elites economiche) proteggono molto bene i diritti di proprietà ma la loro crescita economica non è stata necessariamente buona. I regimi democratici, invece, spesso sono caratterizzati da politiche fortemente redistributive del reddito, alta tassazione e conseguenti distorsioni introdotte nell'economia, ad esempio perchè riducono l'incentivo agli investimenti: l'evidenza empirica ci dice che, mediamente, negli ultimi 50 anni, le democrazie non hanno conseguito ritmi di crescita più veloci delle società non democratiche. In effetti, le oligarchie introducono un diverso tipo di distorsioni nell'economia: introducono barriere all'entrata. L'esperienza storica

suggerisce che i regimi politici di tipo oligarchico tendono a introdurre misure legislative volte a limitare l'ingresso di nuovi operatori sul mercato, o direttamente con apposite leggi, o ad esempio sussidiando con credito facile le imprese esistenti rendendo più difficile l'ingresso di nuovi operatori: il risultato è una redistribuzione del reddito verso gli imprenditori attraverso una compressione della domanda di lavoro e minori salari (vi è evidenza empirica che suggerisce come la quota dei salari sul valore aggiunto sia più alta nelle democrazie). D'altra parte le società democratiche introducono distorsioni di segno opposto (alte tasse per ridistribuire il reddito), ma di solito tendono a ridurre le barriere all'ingresso di nuovi operatori sul mercato. Intuitivamente, nei casi in cui le tasse imposte in democrazia sono relativamente basse e le distorsioni imposte dalle barriere all'entrata sono relativamente alte, le democrazie riescono a conseguire una crescita economica più forte; inoltre le democrazie consentono di ottenere una distribuzione del reddito più egualitaria. L'articolo di Acemoglu esamina in modo analitico il *trade-off* che esiste fra alte-tasse-società egualitaria e democrazia da un lato e alte barriere all'entrata-società disuguaglianza e oligarchia dall'altro. In particolare, Acemoglu nota come il *trade-off* e la performance relativa di oligarchia e democrazia cambi nel tempo: inizialmente, è probabile che l'oligarchia sia formata dagli imprenditori più produttivi: in questo caso le distorsioni imposte dalle barriere all'entrata saranno basse, e quindi un'oligarchia sarà presumibilmente più efficiente di una democrazia. Tuttavia, nel tempo, i vantaggi competitivi mutano, e i potenziali imprenditori più produttivi (gli entranti) saranno esclusi, rendendo le barriere all'entrata caratterizzanti un'oligarchia più distorsive; inoltre nuove opportunità di investimento potrebbero sorgere in settori nei quali l'oligarchia è assente, e quindi l'oligarchia potrebbe avere interesse a limitarne lo sviluppo per tenere bassi i salari nel proprio settore. Secondariamente, le innovazioni tecnologiche spesso vengono realizzate da nuove entranti: poiché le oligarchie tendono a ridurre l'ingresso di nuovi operatori, anche l'introduzione di innovazioni sembrerebbe essere più bassa nelle oligarchie.

Pertanto, da un punto di vista teorico, sembrerebbe che le performance economiche delle democrazie dovrebbe essere migliori di quelle delle oligarchie, nel lungo periodo: una società oligarchica inizialmente prospera, ma in seguito vede peggiorare le proprie condizioni rispetto ad una democrazia.

Articoli utili

1) Hall, R e Jones, C., "Why do some countries produce so much more output than others?", NBER Working Paper, 6564. Disponibile su internet digitando il titolo su Google (dai PC dell'università).
2) Acemoglu, D., Oligarchic Versus Democratic Societies, Journal of the European Economic Association", 6, 1, 2008.

9 Le interrelazioni fra spesa in R&S, concorrenza e produttività.

Abbiamo notato nelle sezioni precedenti che la spesa in R&S può svolgere un ruolo importante nella creazione di conoscenza da parte delle imprese. Alcuni modelli di crescita endogena in particolare considerano la spesa in R&S come uno dei motori fondamentali del processo di crescita economica.

Abbiamo anche notato come la spesa in R&S abbia le caratteristiche di bene pubblico, in quanto la conoscenza e le innovazioni tecnologico prodotte tramite essa spesso hanno caratteristiche di bene pubblico.

Pertanto, in generale si ritiene che i rendimenti sociali della spesa in R&S siano maggiori dei rendimenti privati, in quanto gli imprenditori che investono in R&S possono appropriarsi solo parzialmente dei frutti del loro investimento, in quanto parte dei benefici dell'investimento sono "catturati" dagli altri imprenditori, il che potrebbe determinare un investimento sub-ottimale in R&D da parte del settore privato.

La società cerca di promuovere l'appropriabilità dei rendimenti dell'innovazione tramite l'introduzione di appropriate istituzioni quali i brevetti. Il ruolo dei brevetti infatti è proprio quello di far si che l'impresa che innova possa, ottenendo il brevetto, utilizzare in esclusiva l'innovazione o darla in licenza dietro compenso, per un periodo limitato di tempo. Tuttavia, i diritti di proprietà sono necessariamente imperfetti: ad esempio, la mobilità del personale fra imprese fa si che anche la conoscenza e quindi le innovazioni, almeno in parte, vengano trasferite da una impresa ad un'altra. Inoltre, anche se una invenzione è protetta da brevetto, nulla vieta ad una impresa di sfruttare la conoscenza contenuta nel brevetto per introdurre una successiva innovazione.

Alcuni economisti hanno verificato empiricamente l'esistenza di un divario fra i rendimenti sociali e privati della spesa in R&S. Ad esempio, Nadiri (1993) ha calcolato che i rendimenti sociali della spesa in R&S sono di circa il 50% in media, il che significa che, per un paese, un € addizionale di spesa in R&S aumenta il prodotto di circa 0.5 €. Altre stime indicano un possibile intervallo per i

rendimenti sociali della spesa in R&D di 21-76% e altri di 24-73%. A fronte di questi dati, il rendimento "privato" (cioè l'impatto dell'aumento di un € nella spesa in R&S condotta da una impresa sul valore aggiunto di quella impresa) sarebbe solo del 20-30%.

Altri studi indicano che, se si esamina l'impatto della spesa in R&S anche al di fuori del settore produttivo in cui è stata condotta, i rendimenti sociali potrebbero salire anche fino al 100% (1€ di spesa addizionale in R&S genera una aumento nel prodotto di 1€).

Alcuni economisti hanno poi notato che la spesa in R&S non serve solo a produrre innovazione, ma anche a consentire di utilizzare le innovazioni realizzate da altri. Infatti la conoscenza è spesso difficilmente "codificabile", e quindi non facile da apprendere, ad esempio, dai libri. Svolgere attività di R&D è un modo per le imprese di apprendere e di assimilare le innovazioni introdotte da altri. Nella misura in cui questo è vero, è possibile che la spesa in R&S abbia un rendimento sociale ancora più elevato nei paesi meno sviluppati tecnologicamente, in quanto la spesa in R&S da parte di una impresa locale non solo consente ad altre imprese di introdurre nuove innovazioni, ma anche di utilizzare le innovazioni prodotte al di fuori del paese ("absorptive capacity o capacità di assorbimento della R&S).

L'esistenza di questo divario fra rendimenti privati e sociali della spesa in R&S apre un ruolo per il governo, che dovrebbe incentivare le imprese private a investire in R&D, tramite la leva fiscale e/o la concessione di fondi, oppure producendo esso stesso innovazione in centri di ricerca pubblici (o prevalentemente finanziati dal settore pubblico) dove vengono portate avanti le attività di ricerca più di base, meno applicate, caratterizzate da una relativamente più ampi divergenza fra rendimenti sociali e rendimenti privati. NB: vi sono alcuni studi che ci dicono che la spesa in R&S finanziata dallo stato tende solo a sostituire quella privata, e quindi la sua efficacia potrebbe essere sopravvalutata.

Abbiamo visto precedentemente che la spesa in R&S dipende, fra l'altro, dal grado di sviluppo finanziario di un paese. In questa sezione esamineremo brevemente l'evidenza empirica che esiste

sull'influenza che le forme di mercato e, quindi, il grado di concorrenza esistente sul mercato dei beni, hanno sulla spesa in R&S e, in genere, sulla crescita della produttività. A seguire, esamineremo alcuni dati per l'Italia.

Concorrenza e spesa in R&S

Tradizionalmente esistono due visioni della relazione esistente fra grado di concorrenza di un sistema economico e innovazione. Una analisi approfondita della tematiche richiederebbe una definizione rigorosa del concetto di concorrenza e dei metodi di misurazione del livello stesso di concorrenza, nonché una conoscenza approfondita dell'econometria. Per ragioni facilmente intuibili, ci dovremo accontentare di riassumere molto brevemente il dibattito e l'evidenza empirica, senza pretesa alcuna di completezza.

Le due visioni sulla relazione esistente fra spesa in R&S e grado di concorrenza di un settore - misurato ad esempio dal numero di imprese o dal grado di concentrazione esistente sul mercato (in genere, un mercato molto concentrato si avvicina ad un mercato monopolistico, mentre un mercato meno concentrato, senza operatori dominanti, viene in genere considerato un mercato maggiormente concorrenziale, a parità di condizioni)- sono attribuibili originariamente agli economisti Schumpeter e Arrow. La visione riconducibile a Schumpeter vede le innovazioni tecnologiche essenzialmente come il processo dell'attività di ricerca e sviluppo realizzata dalle grande imprese che dominano il mercato. Secondo la visione schumpeteriana, mercati maggiormente concentrati, assicurando maggiori profitti per le imprese che vi operano, creerebbero l'ambiente più favorevole per gli investimenti in R&S[2] e, quindi, per l'introduzione di innovazioni. Al contrario, la visione di Arrow ritiene che il monopolista, innovando, tenderebbe semplicemente a

[2] Inoltre spesso la spesa in R&S comporta ingenti costi fissi, che solo imprese di grandi dimensioni riuscirebbero a finanziare (teniamo conto del fatto che, in presenza di mercati finanziari imperfetti, è più probabile che i mercati finanziari finanzino gli investimenti in R&S di una grande impresa, viste le maggiori garanzie offribili da quest'ultima). Inoltre spesso il risultato degli investimenti in R&S sono aleatori: solo una piccola quota di tali investimenti si traduce effettivamente in una innovazione: pertanto una impresa grande potrebbe "assorbire" con più facilità eventuali risultati negativi.

rimpiazzare se stesso, mentre l'impresa operante in condizioni concorrenziali avrebbe l'incentivo, innovando, a diventare monopolista, il che implicherebbe che una forma di mercato dove esiste un forte grado di concorrenza fra le imprese dovrebbe essere preferibile ad un monopolio o, comunque, ad un oligopolio molto concentrato.

Prima di presentare due modelli teorici rappresentativi di queste due opposte visioni della relazione esistente fra grado di innovazione e concorrenzialità del mercato, occorre introdurre il concetto di innovazione <u>drastica</u> e non <u>drastica</u>: supponiamo che l'innovazione sia tale da ridurre i costi marginali di produzione da c_0 a c_1, con $c_0 > c_1$. Definiamo $p^M(c_1)$ il prezzo di monopolio che un monopolista con costi marginali c_1 desidererebbe fissare Esistono due possibilità:

1. <u>Innovazione drastica</u>: $p^M(c_1) < c_0$. In questo caso l'impresa che ha innovato è riuscita a ridurre talmente i costi di produzione da poter fissare il prezzo di monopolio di quel mercato, senza dover temere la concorrenza delle altre imprese, che devono pertanto uscire dal mercato.
2. <u>Innovazione non drastica</u>: $p^M(c_1) \geq c_0$. In questo caso l'innovazione non ha ridotto i costi marginali in modo sufficiente da permettere all'impresa di fissare il prezzo di monopolio, in quanto esistono molte imprese che potrebbero produrre al costo c_0. Deve pertanto fissare un prezzo pari a $p = c_0$.

1. <u>La visione riconducibile a Schumpeter</u>. Consideriamo il caso di due imprese: prima dell'innovazione, la impresa 1 è monopolista e produce con costi marginali pari a c_0 e guadagna un profitto pari a $\Pi^M(c_0)$: l'impresa due ("entrante potenziale") ha costi marginali molto elevati, tali da renderla non-competitiva e da lasciare all'impresa 1 la possibilità di servire tutto il mercato. Supponiamo che sia il monopolista che il "potenziale entrante" possano acquistare la nuova tecnologia che permette di abbassare i costi di

produzione a c_1. Supponiamo inoltre che la tecnologia sia scoperta da una terza impresa che per qualche motivo non può operare sul mercato in questione e che quindi vender la licenza al miglior offerente. In questo caso, l'impresa già operante sul mercato (il monopolista) deve non solo valutare l'impatto dell'innovazione sui propri profitti, ma anche valutare cosa farà il proprio opponente se essa non dovesse adottare l'innovazione, nonché l'effetto che ciò avrebbe sui propri profitti. Al contrario, l'entrante non si deve preoccupare di ciò che farà il monopolista a fronte di una rinuncia dell'entrante ad acquistare la tecnologia, in quanto i suoi profitti erano zero nella situazione pre-innovazione, mentre il monopolista vedrebbe i propri profitti pre-innovazione ridotti, nel caso l'entrante dovesse adottare la tecnologia. Supponiamo che sia l'entrante ad adottare l'innovazione: in questo caso le due imprese si spartirebbero il mercato: definiamo $\Pi^D(c_0, c_1)$ e $\Pi^D(c_1, c_0)$ i profitti per unità di tempo per il monopolista e per l'entrante se il monopolista operano con a vecchia tecnologia e l'entrante con la nuova. Il valore dell'innovazione sarà pertanto $V^C = \frac{\Pi^d(c_1, c_0)}{r}$ eper l'entrante (ricordiamo che il valore pre-innovazione dei profitti era pari a zero) e $V^M = \frac{\Pi^M(c_1) - \Pi^M(c_0, c_1)}{r}$, dove $\Pi^M(c_1)$ rappresenta i profitti per unità di tempo del monopolista nel caso in cui esso adottasse l'innovazione. La teoria economica (ad esempio il modello di Cournot) e l'evidenza empirica ci dicono che in una industria che produce beni omogenei un monopolista non può guadagnare meno di due duopolisti che non colludano, per cui vale la relazione $\Pi^M(c_1) \geq \Pi^d(c_0, c_1) + \Pi^d(c_1, c_0)$, che è nota come *efficiency effect* (effetto di efficienza): questo ci suggerisce che, poiché la concorrenza diminuisce i profitti totali, l'incentivo del monopolista ad innovare è più grande rispetto all'incentivo dell'entrante a diventare un duopolista (a maggior ragione l'incentivo di un monopolista sarebbe più grande nel caso di due possibili entranti, ecc), per cui il monopolista tenderebbe ad offrire di più rispetto all'entrante per adottare l'innovazione.

2. La seconda visione è quella attribuibile originariamente al premio Nobel per l'economia Arrow, il quale riteneva che gli incentivi alla innovazione sarebbero invece massimi in una economia perfettamente concorrenziale. La visione di Arrow può essere compresa se confrontiamo la performance di un monopolista con quella di un settore operante in condizioni di concorrenza perfetta di fronte all'opportunità di conseguire una innovazione di processo sfruttabile tramite un brevetto. Arrow sostiene che se misuriamo l'incentivo ad introdurre una certa innovazione sulla base dei profitti *incrementali* (vale a dire *aggiuntivi*) generati da tale innovazione, una impresa operante in condizione di concorrenza avrà più incentivo a spendere in R&S per innovare, in quanto tale impresa diventerà monopolista, mentre un monopolista semplicemente"rimpiazzerà se stesso. Per meglio comprendere la visione di Arrow, ci chiederemo quanto una impresa sarebbe disposta a pagare (ad esempio da un laboratorio) per ottenere la tecnologia (che garantisce un brevetto di durata infinita) che permette l'abbassamento dei costi da c_0 a c_1, assumendo che nessun altro competitore sia in grado di acquistarla. Considereremo l'incentivo di una impresa ad innovare quando quest'ultima opera in condizioni iniziali di concorrenza e quando invece aveva già il monopolio nel settore. Inoltre compareremo tali incentivi ad innovare con quelli di un "pianificatore sociale", una figura spesso introdotta nei modelli economici per paragonare i risultati del mercato a quelli che sarebbero postini essere da un "dittatore benevolente" che volesse massimizzare il benessere sociale. Iniziamo con il caso del pianificatore sociale: l'obiettivo di quest'ultimo è quello di massimizzare il benessere sociale; pertanto l'incentivo ad innovare di una impresa governata dal pianificatore sociale sarà pari al surplus sociale derivante dall'innovazione. Siccome il pianificatore sociale imporrà un prezzo del prodotto pari al costo marginale, il surplus sociale addizionale sarà (per ogni istante di tempo) pari a $v^s = \int_{c_1}^{c_0} Q(c)dc$, dove $Q(c)$ è la domanda del bene quando il prezzo è pari a c. Supponiamo

anche che il tasso di interesse sia costante nel tempo e pari a *r*, per cui il valore presente scontato del surplus sociale addizionale sarà pari a: $V^s = \int_0^\infty e^{-rt} v^s dt = \frac{1}{r}\int_{c_1}^{c_0} Q(c)dc$.

Vediamo ora l'incentivo ad innovare del monopolista. In generale, il profitto del monopolista (per unità di tempo) sarà pari a $\Pi^m = (p-c)Q(p)$, dove p è il prezzo fissato dal monopolista che, ovviamente, dipende dal costo di produzione, e quindi sarà più alto nel cso il monopolista non acquistasse l'innovazione. Il monopolista sarà disposto a pagare per l'innovazione una somma non superiore all'incremento nei profitti generato dall'innovazione. Prima di passare a calcolare l'incentivo del monopolista ad innovare, è opportuno formulare la condotta del monopolista, il quale sceglierà un prezzo che massimizzerà i suoi profitti: $\max_p (p-c)Q(p)$. Le condizioni del primo ordine sono: $Q(p) + p\frac{dQ(p)}{dp} - c\frac{dQ(p)}{dp} = 0$. Il prezzo fissato dal monopolista, $p^M(c)$ è definito dalla espressione $Q(p^M(c)) + p^M(c)\frac{dQ(p^M(c))}{dp} - c\frac{dQ(p^M(c))}{dp} = 0$ Da questa equazione è possibile derivare la quantità ottima scelta dal monopolista, vale a dire $q^M(c) = Q(p^M(c))$. Il profitto (massimo) del monopolista può essere pertanto scritto come $\Pi^M(c, p^M(c)) = (p^M(c) - c)q^M(c)$: come è evidente, il profitto massimo una funzione dei costi e del prezzo, che a sua volta dipende dai costi. Per calcolare l'incentivo del monopolista ad innovare, occorre calcolare l'impatto che il minore costo di produzione avrà sui profitti del monopolista: a tal fine occorre calcolare la derivata totale del profitto del monopolista rispetto al costo marginale di produzione: $\frac{d\Pi^m(c, p^M(c))}{dc} = \frac{d}{dc}[(p-c)Q(p)] = \frac{\partial \Pi^M}{\partial c} + \frac{\partial \Pi^M}{\partial p}\frac{dp^M}{dc} = \frac{\partial \Pi^M}{\partial c} = -Q(p^M(c))$, dove la seconda uguaglianza si basa sul Teorema dell'Inviluppo (data un funzione $V(a) = \max_x f(x,a)$, allora $\frac{dV}{da} = \frac{df}{da}(x^+(a), a)$, vale a dire solo l'effetto diretto del

cambiamento del parametro a deve essere considerato, e non l'effetto indiretto che opererebbe tramite il cambiamento nella variabile x). Pertanto, il valore presente scontato dell'incentivo del monopolista ad innovare sarà pari a $V^m = \frac{1}{r}\int_{c_0}^{c_1}(-\frac{d\Pi^M}{dc})dc = \frac{1}{r}\int_{c_0}^{c_1}Q(p^M(c))dc$. Siccome $p^M(c) > c, \forall c$, ne segue che $V^M < V^S$. Pertanto l'incentivo ad innovare del monopolista risulta essere sub-ottimale: infatti la quantità prodotta dal monopolista è inferiore rispetto a quella "ottimale", pertanto la riduzione di costo (e quindi il maggior profitto) si riferisce ad un numero minore di unità prodotte. Ora calcoliamo l'incentivo ad innovare di una impresa che opera inizialmente in condizioni di concorrenza perfetta, vale a dire in una situazione in cui vi è un numero elevato di imprese che produce un bene omogeneo con una tecnologia caratterizzata da un costo di produzione pari a c_1: siccome le imprese operano in condizioni di concorrenza (ad esempio secondo un modello di concorrenza à la Bertrand, il prezzo di vendita sarà pari a c_0 e tutte le imprese guadagnano profitti pari a zero. Se una impresa acquisisce la tecnologia, sarà in grado di produrre con un costo marginale pari a c_1. Consideriamo prima il caso di una innovazione non drastica ($p^M(c_1) \geq c_0$): in questo caso il profitto per ogni unità temporale sarà pari a $p^C = (c_0 - c_1)Q(c_0)$, dove $Q(c_0)$ è la quantità di prodotto venduta quando il prezzo è c_0 (il profitto è positivo perché $c_0 > c_1$). Pertanto il valore dell'innovazione è pari a $V^c = \frac{1}{r}(c_0 - c_1)Q(c_0)$: poiché per assunzione $c_0 < p^M(c_1) < p^M(c)$, allora $Q(c_0) > Q(p^M(c))$, $\forall c \geq c_1$. Da questo otteniamo che $V^M = \frac{1}{r}\int_{c_1}^{c_0}Q(p^M(c))dc < \frac{1}{r}\int_{c_1}^{c_0}Q(c_0)dc = V^C$. D'altra parte, $Q(c_0) < Q(c), \forall c < c_0$ e quindi $V^C < V^S$. Nel caso di una innovazione drastica, il valore dell'innovazione sarà pari a:

$V^C = \frac{1}{r} Q(p^M(c_1))[p^M(c_1) - c_1]$, mentre il valore dell'innovazione per un monopolista sarà pari a $V^M = \frac{1}{r}\{Q(p^M(c_1)[p^M(c_1) - c_1] - Q(p^M(c_0))[p^M(c_0) - c_0]\}$, per cui $V^C < V^M$.

Da un lato, il monopolista avrebbe meno incentivo d innovare rispetto ad una imprese operante in condizioni di concorrenza, in quanto il monopolista rimpiazzerebbe se stesso ("*replacement effect*"), mentre innovando una impresa operante in un mercato concorrenziale riuscirebbe ad ottenere profitti positivi. Tuttavia, il monopolista potrebbe avere più incentivi ad innovare rispetto ad un possibile entrante: infatti la riduzione nei profitti totali del settore conseguente all'entrata di un ulteriore operatore sul mercato fa si che il monopolista avrebbe più incentivo ad innovare per proteggere il suo livello (monopolistico) di profitti rispetto ad un entrante che, al più, potrebbe diventare un duopolista.

Le implicazioni di *policy* di queste due diverse visioni sono naturalmente contrastanti.

Nella visione di Arrow, infatti, le politiche pubbliche dovrebbero essere volte a combattere le posizioni di monopolio e a introdurre, dovunque possibile, mercati maggiormente concorrenziali, sia liberalizzando i settori dove esistono restrizioni legali allo sviluppo della concorrenza (esempio: restrizioni legali all'ingresso di nuove imprese, quali licenze, autorizzazioni, numeri chiusi, ecc fino a veri a propri impedimenti legali all'ingresso) sia demandando alle autorità antitrust di combattere in modo convinto le pratiche di abuso di posizioni monopolistiche.

Una visione più schumpeteriana tenderebbe invece a guardare con meno ostilità alle posizioni di monopolio, in quanto esse sarebbero il prezzo da pagare per ottenere un più alto tasso di innovazione e quindi un maggior progresso tecnologico. Inoltre, se le imprese hanno difficoltà a reperire i fondi per finanziare la spesa in R&S sui mercati finanziari, i profitti di monopolio potrebbero essere utilizzati proprio per finanziare tale spesa.

I più recenti studi sembrerebbero indicare che non vi è una relazione immediata, univoca, fra forme di mercato e intensità del processo concorrenziale, da un lato, e innovazione, dall'altro.

Ad esempio vi sono mercati, come quello farmaceutico, dove coesistono poche imprese, ognuna delle quali realizza enormi profitti economici, ma dove il tasso di innovazione è grande, perché la innovazione è realizzata, piuttosto che per operare nel mercato, per "conquistare" il mercato e diventare monopolista.

Uno studio recente di Aghion et al (2004) sembra inoltre indicare che il tasso di innovazione è massimizzato per valori intermedi di concorrenza. Un certo livello di concorrenza è necessario in quanto le imprese hanno in questo caso l'incentivo ad innovare per proteggersi dalla concorrenza delle altre imprese operanti sul mercato. A livelli troppo elevati di concorrenza, tuttavia, l'incentivo ad innovare potrebbe risultare minore in quanto le imprese che innovano per raggiungere le imprese tecnologicamente più avanzate non avrebbero sufficiente incentivo a farlo perché il premio derivante dall'innovazione (i profitti) sarebbero troppo basso, data l'intensità della concorrenza. Questo sembrerebbe suggerire che, generalmente, forme di mercato intermedie fra monopolio e concorrenza siano quelle che tendono, generalmente, a massimizzare il tasso di innovazione

Dal punto di vista empirico gli studi più recenti sembrano peraltro indicare che la crescita della produttività totale dei fattori –che, come sappiamo, sotto particolari condizioni rappresenta abbastanza bene il progresso tecnologico, e quindi l'introduzione di innovazione nel sistema economico- è in genere positivamente influenzata dal grado di concorrenza esistente sui mercati.[3]

Ad esempio, uno studio dell' OCSE ha analizzato l'impatto dei diversi livelli di liberalizzazione esistenti sul mercato dei beni nei paesi OCSE sulla crescita della produttività totale dei fattori, e ha trovato risultati empirici consistenti con l'idea che i paesi con i mercati maggiormente liberalizzati (con meno barriere all'ingresso, restrizioni alla concorrenza, ecc) tendono ad avere, a parità di condizioni, un tasso di crescita della produttività totale dei fattori più elevata. Inoltre, gli stessi autori hanno riscontrato che nei paesi con mercati più liberalizzati, il processo di convergenza verso i paesi tecnologicamente più avanzati è più forte. Alesina et al (2005) hanno riscontrato un impatto positivo del grado di liberalizzazione nel settore dei servizi di pubblica utilità (telecomunicazioni,

[3] Non considereremo altri effetti della liberalizzazione dei mercati, quali la riduzione della inefficienza statica di monopolio.

gas, elettricità, acqua, trasporti) sugli investimenti. Griffith et al (2006), in un recente Rapporto per la Commissione Europea hanno riscontrato evidenze empiriche anch'esse favorevoli al legame fra crescita della produttività totale dei fattori e grado di concorrenza sui mercati. I risultati di Griffith e Harrison (2004) condotti con dati relativi ai principali paesi dell'Unione Europea sembrano evidenziare che la relazione fra concorrenza e spesa in R&S è tale per cui in paesi come Francia ed Italia, che hanno i livelli più bassi di concorrenza sul mercato dei prodotti, un aumento dei livelli di concorrenza dovrebbe aumentare la spesa in R&S e, quindi, il tasso di innovazione. Il lavoro di Inklaar et al (2008) citato nella sezione 6 ad esempio non riscontra che il tasso di crescita della TFP dipenda dall'esistenza di barriere all'entrata nel settore "*Market Services*", con l'eccezione del settore Telecomunicazioni. Inklaar et al (2008) non riscontrano nemmeno un impatto sul tasso di crescita della TFP del capitale umano e della quota di investimenti ICT sul prodotto (NB questi ultimi due fattori avrebbero un impatto sul tasso di crescita della TFP unicamente nella misura in cui generassero delle esternalità, cioè dei benefici maggiori rispetto al costo pagato dagli investitori).

Una sintesi di questa letteratura è contenuta in Schiantarelli (2006), il quale conclude che l'evidenza empirica sembra suggerire che, in genere, mercati più liberalizzati tendono a generare tassi più elevati di crescita della produttività.

Concorrenza e R&S in Italia. Alcuni dati

Abbiamo visto che la spesa in R&D tende a favorire la crescita della produttività e che vi sono indicazioni sia teoriche che empiriche secondo le quali paesi con mercati troppo concentrati, con scarsi livelli di concorrenza, sono in genere associati a bassi tassi di innovazione e di crescita della produttività.

In questa sezione esamineremo alquanto sinteticamente alcuni dati relativi all'Italia e ad alcuni dei principali paesi.

La Tabella 9.1 ci riporta, per alcuni paesi, la UE25 e l'OCSE, i dati relativi alla spesa lorda in R&S (include cioè l'ammortamento) come proporzione del PIL nel 1995 e nel 2003. Come si vede dai dati, la percentuale dell'Italia, seppur in leggerissima crescita, ammonta, in proporzione al PIL, a meno della metà dei valori che caratterizzano Francia, USA e Germania, a poco meno della metà del Regno Unito. Solo la Spagna, nei paesi da noi considerati, ha valori simili a quelli italiani. Inoltre, i valori italiani sono molto più bassi della media OCSE (meno della metà)e della UE25 (poco più della metà). Confrontando i dati relativi ai due anni, si può notare che l'Italia si sta avvicinando alla media UE e OCSE, sebbene il ritmo di convergenza sia molto lento. Tenuto conto dell'evidenza empirica che abbiamo notato in precedenza, cioè del fatto che la spesa in R&S tende ad incrementare il livello della produzione ma anche il tasso di crescita della produttività totale dei fattori, i bassi livelli della spesa in R&S in Italia appaiono particolarmente preoccupanti.

Tabella 9.1: Gross Domestic Expenditure in R&D (GERD) , % del PIL.

	1995	2003
Italia	0.97	1.11
USA	2.51	2.68
Germania	2.19	2.52
UK	1.95	1.88
Francia	2.29	2.18
Spagna	0.79	1.05
UE25	1.69	1.81
OCSE	2.07	2.25

Negli anni recenti immediatamente precedenti al 2003, la percentuale di BERD sul PIL è rimasta stabile attorno al 1.1%, sebbene la quota investita dal governo sia leggermente cresciuta..

La Tabella 9.2 ci dà un'altra indicazione del ritardo italiano nel settore R&S. Il numero di ricercatori ogni mille persone occupate.

Come si vede, in Italia tale numero è addirittura in calo, e nel 2003 non raggiungeva la metà della media OCSE e UE25.

Tabella 9.2: Numero di ricercatori su 1000 occupati.		
	1995	2003
Italia	3.5	2.9
USA	8.1	9.6
Germania	6.1	6.9
UK	5.3	ND
Francia	6.7	7.7
Spagna	3.5	5.2
UE25	4.9	5.2
OCSE	5.8	6.9 (2002)

Infine, la Tabella 9.3 riporta i dati sulla allocazione della spesa in R&S fra imprese private, università, governo (cioè enti di ricerca come il CNR in Italia) e il settore privato no-profit.

Il primo dato che colpisce è la bassa quota di spesa in R&S realizzata dalle imprese private, 47.3% (calante dal 53.4) rispetto ad una media OCSE del 67.8% e una media UE del 66.3%.

In altre parole, la spesa in R&S in Italia, oltre a essere bassa, è sbilanciata verso gli enti pubblici (governo ed università): le imprese italiane investono poco in R&S, probabilmente perché sono piccole, e quindi per una impresa piccola è più difficile portare avanti progetti di R&S per gli ingenti costi fissi che la caratterizzano; oppure perché il modello di specializzazione italiano è (era?) in settori tradizionali, a basso contenuto tecnologico. La Tabella 9.4 riporta una serie di indicatori sviluppati dall'OCSE sul grado di regolamentazione dei mercati del prodotto. Questi

indicatori variano da 0 a 6, con 0 indicante un paese con mercati del prodotto completamente liberalizzati, e 6 un paese con forte regolamentazione e vincoli all'attività privata.

Tabella 9.3: % di spesa in R&S realizzata da governo, settore private, università e privato no-profit. Dati 1995 e, in parentesi, 2003.

	Imprese private	Università	Governo	Privati non profit
Italia	53.4 (47.3)	25.5 (33.9)	21.1 (17.5)	ND (1.4)
USA	70.5 (69.8)	12.3 (13.7)	14 (12.4)	3.2 (4.1)
Francia	61 (62.6)	16.7 (19.4)	21 (16.7)	1.3 (1.3)
Germania	66.3 (69.7)	18.2 (16.9)	15.5 (13.4)	ND
UK	65 (65.7)	19.2 (21.4)	14.6 (9.7)	1.3 (3.2)
Spagna	48.2 (54.1)	32 (30.3)	18.6 (15.4)	1.1 (0.2)
UE25	61.6 (66.3)	20.7 (22.1)	16.8 (13.4)	0.9 (1.2)
OCSE	66.7 (67.8)	16.3 (17.4)	14.5 (12.2)	2.5 (2.6)

Tabella 9.4: Indici OCSE del grado di liberalizzazione nel mercato del prodotto

	Indice sintetico		Barriere all'attività di impresa		Controllo dello stato		Barriere al commercio e investimento estero	
	1998	2003	1998	2003	1998	2003	1998	2003
Italia	2.8	1.9	2.7	1.4	4.4	3.2	1.5	1.1
USA	1.3	1	1.5	1.2	1.4	1.2	1.1	0.7
Francia	2.5	1.7	2.8	1.6	3.3	2.7	1.5	1
Germania	1.9	1.4	2	1.6	2.9	2.2	0.9	0.6
UK	1.1	0.9	1.5	1.2	1.4	1.2	1.1	0.7
Spagna	2.3	1.6	2.3	1.6	3.2	2.7	1.6	0.7

Fra i paesi considerati, l'Italia aveva, nel 2003, il mercato dei prodotti più pesantemente regolamentato. Tuttavia tutti gli indicatori sono migliorati rispetto al 1998 e l'Italia sta convergendo, in termini di grado di liberalizzazione, ai valori dei maggiori paesi europei e agli USA.

Tabella 9.5: Indici OCSE del grado di liberalizzazione nei settori di pubblica utilità

	Telecom		Elettricità		Gas		Trasporto	
	1998	2003	1998	2003	1998	2003	1998	2003
Italia	3.3	1	6.0	1.1	4.7	2.4	4.7	3.3
USA	0.4	0.2	2.7	2.3	0.4	0.4	1.3	1.2
Francia	2.8	2.1	6.0	3.6	6.0	4.0	3.7	2.9
Germania	4.1	1.6	3.0	1.8	1.8	1.5	0.9	0.6
UK	1.4	1.4	0.0	0.0	2.2	1.7	2.4	1.7
Spagna	2.7	1.2	2.1	0.5	3.4	2.5	4.4	2.4

La Tabella 9.5 mostra l'indice di regolazione nei settori delle public utilities, vale a dire trasporti, elettricità, gas e telecom: come si vede, in tutti i paesi considerati vi è stata una riduzione nel livello di regolazione: l'Italia sembra aver un mercato relativamente deregolamentato nel settore delle telecomunicazioni ed elettricità, mentre nel caso del gas e, soprattutto, dei trasporti, appare essere tuttora caratterizzata da un grado elevato (seppur calante) di regolazione.

Infine, la Tabella 9.6 riporta l'indice di regolazione nelle libere professioni. Come vediamo, l'Italia è il paese con il più elevato livello di regolazione in tutti i settori, fra i principali paesi UE più USA.

Nella misura in cui mercati più concorrenziali tendono a determinare, in genere, più alti livelli di concorrenza fra le imprese e, quindi, più alti tassi di crescita nella produttività totale dei fattori, il persistente divario dell'Italia con paesi quali gli USA e il Regno Unito potrebbero, almeno in parte, spiegare la scarsa performance della produttività totale dei fattori in Italia.

Tabella 9.6: Indici OCSE del grado di liberalizzazione nelle libere professioni								
	Contabili		Architetti		Ingegneri		Professioni legali	
	1996	2003	1996	2003	1996	2003	1996	2003
Italia	1.4	4.0	4.3	3.1	4.0	3.8	3.6	3.6
USA	2.6	1.7	-	1.7	2.4	1.9	2.9	1.8
Francia	3.0	3.0	1.8	2.1	0.2	0.0	2.3	2.8
Germania	5.1	2.8	3.3	3.1	3.8	3.1	4.5	3.6
UK	3.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	2.1
Spagna	3.1	2.1	3.5	2.5	3.0	1.5	4.0	3.6

Articoli utili

1) Centro studi Confindustria, “Crescita e produttività: gli effetti economici della regolazione”. Disponibile su internet digitando il titolo su Google.

2) OECD Science, Technology and Industry Outlook, 2006. Disponibile su www.oecd.org

3) Foresti, G., Guelpa F e Trento S, “Struttura settoriale e dimensionale dell’industria italiana: effetti sulla produttività del lavoro”, Economia e Politica Industriale, 3, 2006.