



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI ECONOMIA “GIORGIO FUÀ”

Corso di Laurea triennale in
Economia e commercio

**IL SISTEMA ENERGETICO MONDIALE
NEGLI ULTIMI DUE SECOLI. UN'ANALISI
DI LUNGO PERIODO.**

THE WORLD ENERGY SYSTEM IN THE LAST
TWO CENTURIES. A LONG-TERM ANALYSIS

Relatore:
Prof. Riccardo Lucchetti

Rapporto Finale di:
Lorenzo Galeazzi

Anno Accademico 2020/2021

RINGRAZIAMENTI

Prima di procedere con la trattazione, vorrei ringraziare tutte le persone che hanno contribuito al raggiungimento di questo importante obiettivo.

La prima persona che tengo ringraziare è il Prof. Riccardo Lucchetti, il quale è sempre stato disponibile durante tutto lo svolgimento della prova finale. Grande persona e grande professore.

Ci tengo anche a ringraziare la mia famiglia che mi ha spronato nei momenti difficili e mi ha spinto ad affrontare il percorso universitario con il giusto spirito.

Per finire ringrazio tutti gli amici con i quali ho condiviso grandi esperienze in questo percorso universitario.

INDICE

1 INTRODUZIONE.....	6
2 DATABASE.....	8
2.1 NOTE.....	9
3 ANALISI DI LUNGO PERIODO.....	10
3.1 IL BACKGROWND: UN NUOVO SISTEMA ENERGETICO.....	10
3.2 UN'ANALISI DI DECOMPOSIZIONE.....	13
3.3 CONSUMI ENERGETICI (E/P).....	14
3.4 PRODUTTIVITA' ENERGETICA (Y/E).....	16
3.5 I RISULTATI.....	23
4 SCRIPT GRETL.....	26
RIFERIMENTI.....	31
BIBLIOGRAFIA.....	31

1 INTRODUZIONE

Ciò che incide e ha inciso maggiormente sullo sviluppo economico, e quindi l'aumento della popolazione e del prodotto, sono sicuramente i progressi scientifici e tecnologici. Ogni periodo della storia dell'umanità è caratterizzato da un certo livello di conoscenze e da un certo numero di scoperte, invenzioni e innovazioni. In un periodo come quello alto medioevale ad esempio (476 - 1000 d.C.) in Europa, il livello di conoscenze era fisso ad un livello molto basso, anche più basso di quanto non fosse nel periodo antecedente alla caduta dell'impero d'occidente. Il numero di scoperte, invenzioni e innovazioni sempre nell'ambito europeo non vi furono, o se vi furono, erano di scarsa importanza. E' chiaro che la staticità del sapere di questo periodo non permetteva un miglioramento delle condizioni di vita di coloro che lo stavano vivendo.

Un settore spesso trascurato nelle analisi che riguardano la crescita economica di un paese o generica area geografica è quello energetico. Trai progressi scientifici e tecnologici che sono stati fondamentali e hanno permesso una crescita delle economie mondiali vi sono sicuramente i progressi dei vari sistemi energetici. I cambiamenti ai quali si fa riferimento riguardano le fonti energetiche utilizzate, l'entità dei consumi e le tecnologie alla base dello sfruttamento delle fonti. Fino agli inizi del 1700 il sistema energetico mondiale rimase perlopiù stabile. I progressi che ebbero un grande impatto sui sistemi energetici prima del '700 furono principalmente due: la capacità di manipolare e sfruttare il fuoco e l'utilizzo degli animali da tiro nei lavori manuali. In realtà anche lo sfruttamento del vento e del movimento dell'acqua furono importanti, ma in termini di consumi energetici non aggiungevano granché al bilancio totale.

Dal '700 ad oggi il sistema energetico ha subito evoluzioni di grandissima portata rispetto a quanto non fosse successo in precedenza. Uno tra i primi esempi relativi all'invenzione di

tecnologie che permettevano un migliore utilizzo delle fonti energetiche fu, per dirne una, la macchina a vapore di James Watt. Per quanto riguarda l'introduzione di fonti energetiche invece potremmo parlare dello sfruttamento di combustibili fossili o dell'energia nucleare. Insomma, i secoli che accompagnano e seguono la prima rivoluzione industriale sono portatori di numerosi cambiamenti che hanno avuto un notevole impatto sull'economia mondiale.

Lo storico Paolo Malanima nel suo articolo ("Energy, productivity and structural growth. The last two centuries") si è occupato di studiare gli sviluppi del sistema energetico mondiale negli ultimi due secoli e i cambiamenti nel rapporto energia-GDP a seguito dell'introduzione dei combustibili fossili da una parte, e dall'utilizzo nuove tecnologie dall'altra. La base statistica dell'analisi è un database contenente dati su consumi energetici, popolazione e gdp di otto diverse macro-aree, dal 1820 al 2018. E' possibile trovare il database "World Energy Consumption. 1820-2018" nel sito Energy History . Joint Center for History and Economics: <https://sites.fas.harvard.edu/~histecon/energyhistory/>

Questo lavoro di tesi si dividerà in due parti. Nella prima parte mi sono occupato di rendere il database di partenza maggiormente fruibile, inserendolo all'interno di un software open-source per analisi econometriche. Il pacchetto in questione si chiama Gretl (Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library). Nella seconda parte il mio scopo sarà quello di replicare i risultati ottenuti da Malanima, saranno riportate tutte le tabelle, i grafici e le conclusioni che sono servite per lo studio del fenomeno in questione. Il software che utilizzerò per l'elaborazione dei dati sarà lo stesso utilizzato per la creazione del database. Nella parte conclusiva riporterò il file comandi contenente tutte le righe di codice che mi sono servite per il raggiungimento dei risultati.

2 DATABASE

Se qualcuno fosse interessato ad accedere al database può contattarmi tramite la seguente mail: lollo.gale98mail.com.

Il database che ho ricostruito contiene tre gruppi di variabili in serie storica (dal 1820 al 2018). Queste riguardano:

- I consumi energetici (cons_)
- Il prodotto interno lordo (gdp_)
- La popolazione (pop_)

Per tutte e tre le variabili abbiamo una disaggregazione in base all'area geografica di riferimento:

- WE = Western Europe (Europa Occidentale)
- EE = Eastern Europe (Europa Occidentale)
- NA = North America (America del nord)
- LA = Latin America (America Latina)
- O = Oceania
- As = Asia
- ME = Middle East (Medio Oriente)
- Af = Africa
- WORLD = tutto il mondo

Per quanto riguarda il pil e la popolazione la disaggregazione finisce qui. Per i consumi energetici invece, oltre ad avere i consumi totali troviamo quelli specifici delle varie fonti:

- Cibo (food_)

- Animali da tiro (draft_animals_)
- Legna da ardere (fuelwood_)
- Carbone (coal_)
- Petrolio (oil_)
- Gas (gas_)
- Elettricità (electricity_)
- Energia nucleare (nuclear_)

2.1 NOTE

Nel database originale (“World Energy Consumption. 1820-2018”) sono presenti tutte le modalità e i procedimenti attraverso i quali sono state effettuate le stime dei dati. Qui di seguito mi occuperò solo di spiegare le unità di misura utilizzate.

Per quanto riguarda la popolazione i dati devono essere interpretati come milioni di persone. Affianco alla variabile infatti è presente “(000.000)”.

I dati sull’energia sono misurati in Mtoe all’anno. Un Toe è l’equivalente calorico di una tonnellata di petrolio (Ton of Oil Equivalent), ovvero 10^7 kcal. L’ Mtoe (Milion of Toe) corrisponde ad un milione di Toe, quindi $1.000.000 * 10^7$ kcal.

Per i dati sul reddito è utilizzato il valore del dollaro americano 2011.

3 ANALISI DI LUNGO PERIODO

Partendo dai dati contenuti nel database ho provato a replicare i risultati che Malanima ha ottenuto nel suo articolo. I paragrafi di questo capitolo avranno come titolo il nome dei paragrafi dell'articolo che sto cercando di replicare, in modo tale da consentire al lettore di orientarsi agevolmente. Ricordo che tutte le tabelle, i grafici e i risultati sono stati creati attraverso un file comandi del pacchetto Gretl. Questo file verrà riportato al termine del capitolo così che chiunque sia interessato potrà riutilizzarlo come meglio crede.

3.1 IL BACKGROUND: UN NUOVO SISTEMA ENERGETICO

In questo paragrafo il focus è incentrato sull'introduzione di tre nuove fonti energetiche, tutte e tre rappresentano derivati del carbonio: carbone, gas naturali e petrolio. Con la loro introduzione la disponibilità energetica è aumentata di parecchio.

Figura 1.1

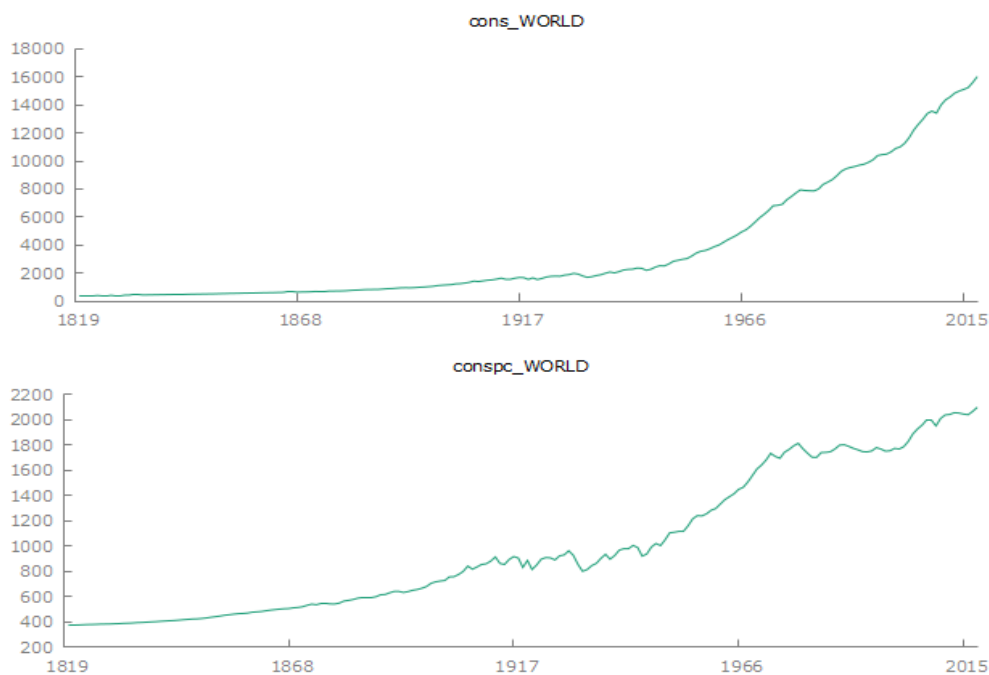


Figura 1.2

A dimostrazione di ciò vengono presentati questi due grafici che mostrano l'andamento dei consumi totali e pro capite mondiali. Il primo grafico rappresenta l'andamento, rispetto al tempo, dei consumi totali, ovvero della variabile cons_WORLD, il secondo grafico rappresenta l'andamento della variabile conspc_WORLD, ovvero consumi mondiali totali / popolazione mondiale.

	food	fuelwood	animals	coal	oil	gas	electricity	nuclear	TOTALE
1820	81,799	202,01	64,827	23,743	0	0	0	0	372,38
1870	84,055	233,65	67,982	126,34	0,45895	0	0	0	512,49
1910	88,312	188,9	81,19	454,34	25,203	7,7938	8,0052	0	853,74
1950	88,531	161,1	71,683	433,67	204,91	66,507	23,03	0	1049,4
2018	106,32	109,16	22,655	559,9	599,4	431,52	173,1	97,173	2099,2

Tabella 1.1

	food	fuelwood	animals	coal	oil	gas	electricity	nuclear	TOTALE
1820	21,967	54,249	17,409	6,376	0	0	0	0	100
1870	16,401	45,592	13,265	24,652	0,089553	0	0	0	100
1910	10,344	22,126	9,5099	53,217	2,9521	0,9129	0,93766	0	100
1950	8,4361	15,351	6,8306	41,324	19,526	6,3375	2,1946	0	100
2018	5,0645	5,2002	1,0792	26,672	28,554	20,556	8,246	4,629	100

Tabella 1.2

Nella tabella 1.1 viene riportato il livello dei consumi energetici pro capite negli anni 1820, 1870, 1910, 1950 e 2018. I dati riportati riguardano le specifiche fonti energetiche. Per calcolarli mi è bastato dividere i consumi mondiali della specifica fonte energetica per la popolazione mondiale. Nella 1.2 invece troviamo la percentuale dei consumi energetici delle specifiche fonti sul totale nei rispettivi anni di riferimento. La percentuale viene calcolata dividendo i consumi specifici per il totale e moltiplicando per 100.

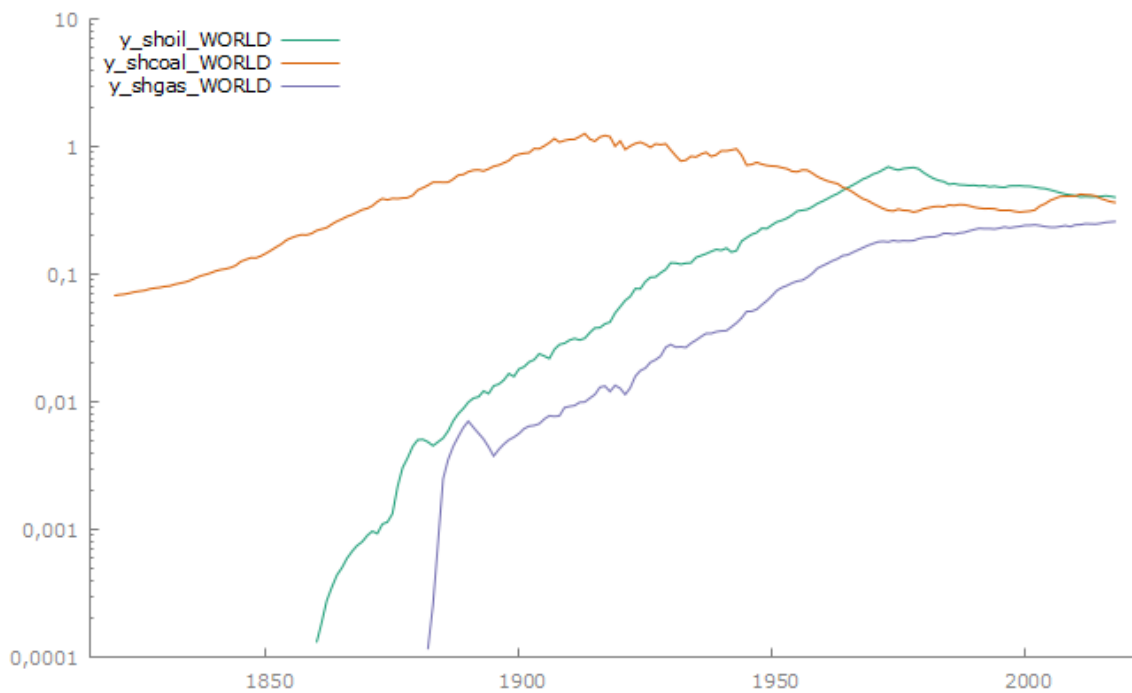


Figura 2.1

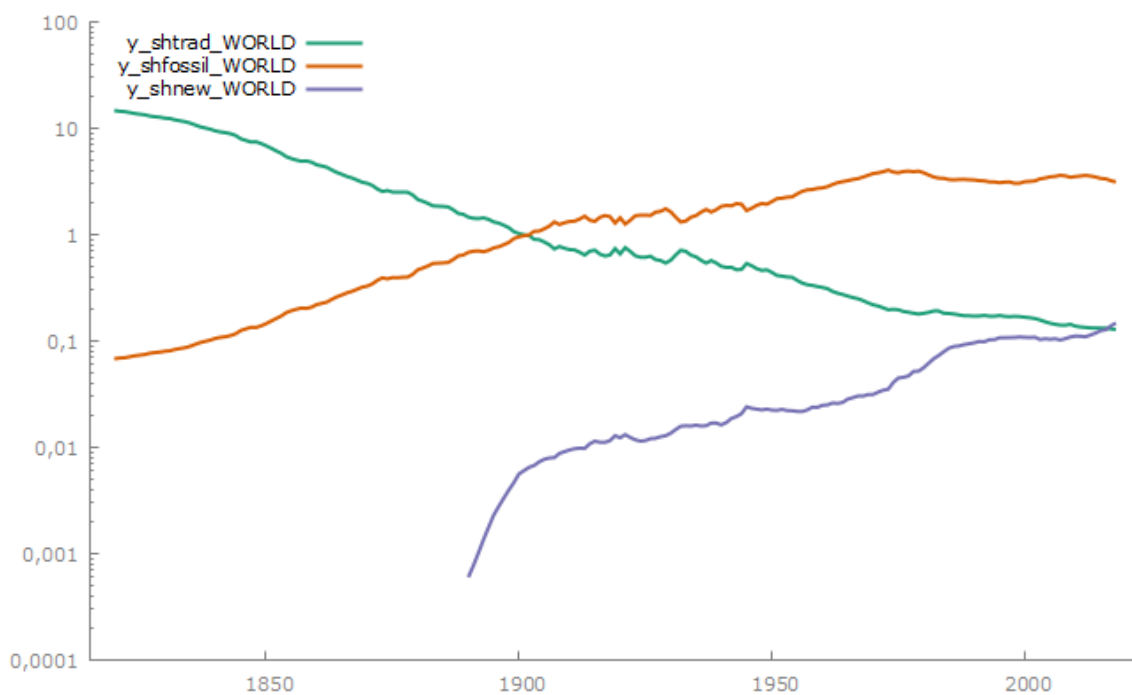


Fig. 2.2

Per creare la figura 2.1 è stato necessario l'utilizzo delle percentuali delle fonti di carbone,

gas e petrolio sul totale. Il grafico finale si ottiene applicando la formula di J.C.Fisher e R.H.Pry riadattata per i processi sostitutivi tra le fonti energetiche:

$$y_t = \log_e (f_t / 1 - f_t) \quad (1)$$

dove f_t è la quota delle fonti sul totale al tempo t . Nel grafico l'asse delle ordinate è stato riproporzionato in scala logaritmica su base 10. Lo stesso procedimento vale per il grafico 2.2 che però non parte dalle percentuali delle fonti fossili bensì dalle percentuali delle fonti tradizionali, fossili e nuove sul totale.

- Fonti tradizionali = cibo, legna da ardere, animali da tiro
- Fonti fossili = carbone, gas, petrolio
- Nuove fonti = elettricità, nucleare

3.2 UN'ANALISI DI DECOMPOSIZIONE

In questo capitolo non sono presenti elaborazioni dei dati, viene solo introdotta la formula che permetterà di calcolare i risultati finali. La formula in questione è la seguente:

$$(Y / P)_t = (E / P)_t * (Y/E)_t \quad (2)$$

Dove:

- $(Y/P)_t$ è il reddito procapite al tempo t
- $(E/P)_t$ è il consumo energetico procapite al tempo t
- $(Y/E)_t$ è la produttività energetica al tempo t

Da questa se si calcolano i tassi di crescita continui annuali di tutte e tre le componenti si ottiene:

$$y^\circ = e^\circ + p^\circ \quad (3)$$

le tre componenti dell'equazione sono le derivate rispetto al tempo di $(Y/P)_t$, $(E/P)_t$ e $(Y/E)_t$.

L'intenzione di Malanima è quella di vedere quale tra e° e p° incide maggiormente su y° .

3.3 CONSUMI ENERGETICI (E/P)

In questa parte dell'articolo Malanima si occupa di analizzare la variabile dei consumi energetici. La prima elaborazione è costituita dalle seguenti tabelle.

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820	544,24	283,76	2623,4	375,72	703,2	291,88	287,44	424,64	372,38
1870	968,01	361,66	2788,6	369,71	1500,6	290,07	287,83	395,59	512,49
1910	1670	610,02	4736,2	540,33	2552,5	331,74	303,93	458,7	853,74
1950	1733,4	1153,2	5745,3	656,45	2095,7	389,02	518,62	592,25	1049,4
2018	3860,3	3333,7	7632,1	1412,7	4456,9	1694	3189,2	823,92	2099,2

Tabella 2.1

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820	19,391	10,11	7,0142	2,0032	0,29283	51,288	1,8427	8,0576	100
1870	28,33	10,584	18,726	2,2218	0,73142	32,635	1,3219	5,4502	100
1910	28,85	10,538	31,7	2,8123	1,132	20,446	0,78569	3,7353	100
1950	19,978	13,291	35,956	4,1761	0,99841	19,317	1,1819	5,1013	100
2018	10,129	8,7471	17,342	5,7475	1,1477	43,546	6,7184	6,6225	100

Tabella 2.2

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1870	1,7787	1,2745	1,063	0,984	2,134	0,99379	1,0014	0,9316	1,3762
1910	3,0685	2,1497	1,8054	1,4381	3,6298	1,1365	1,0574	1,0802	2,2927
1950	3,1849	4,064	2,1901	1,7472	2,9802	1,3328	1,8043	1,3947	2,8182
2018	7,093	11,748	2,9093	3,7599	6,3381	5,8038	11,095	1,9403	5,6374

Tabella 2.3

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820	1,4615	0,76203	7,0449	1,009	1,8884	0,78384	0,7719	1,1403	1
1870	1,8889	0,70569	5,4413	0,7214	2,9281	0,56601	0,56164	0,7719	1
1910	1,9561	0,71452	5,5476	0,63289	2,9898	0,38857	0,35599	0,53728	1
1950	1,6517	1,0989	5,4747	0,62553	1,997	0,37069	0,49419	0,56436	1
2018	1,8389	1,5881	3,6357	0,67296	2,1231	0,80697	1,5192	0,39249	1

Tabella 2.4

In tutte e quattro le tabelle abbiamo elaborazioni dei dati sui consumi per tutte e 8 le macro-aree e il mondo negli anni 1820, 1870, 1920, 1970, 2018.

Nella tabella 2.1 sono riportati i consumi pro capite (conspc_”macro-area”) calcolati dividendo i consumi delle macro-aree/mondo per la rispettiva popolazione.

Nella tabella 2.2 abbiamo invece le percentuali dei consumi delle varie macroaree calcolate sui consumi mondiali. Si ottiene dividendo i consumi della macro-area per i consumi mondiali e moltiplicando per 100.

La 2.3 contiene i valori dei consumi pro capite rispetto al 1820. Per trovare questi valori è sufficiente dividere i consumi pro capite per il valore della prima osservazione (1820).

Nella 2.4 infine abbiamo i valori dei consumi pro capite paragonati non all’osservazione al tempo $t = 1$ come nel caso precedente bensì alla rispettiva osservazione dei consumi pro capite mondiali.

Nel sottoparagrafo successivo Malanima compie uno studio sulla convergenza e divergenza degli andamenti dei consumi per 72 paesi. Per fare ciò ha utilizzato l’indice di Theil e di Gini, purtroppo però non sono riuscito a replicare l’esperimento a causa della mancanza dei dati annuali sui consumi di questi paesi.

Nell’ultimo sottoparagrafo si procede con l’analisi dei tassi di crescita annuali dei consumi pro capite nei periodi di riferimento.

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820-2018	0,98945	1,2443	0,53934	0,66889	0,93261	0,88813	1,2154	0,33477	0,87344
1820-1910	1,2458	0,85039	0,65641	0,4037	1,4324	0,1422	0,06197	0,085748	0,92191
1910-2018	0,77586	1,5726	0,44178	0,88988	0,5161	1,5097	2,1766	0,54229	0,83305

Tabella 3.1

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820-1870	1,1517	0,48512	0,12214	-0,03227	1,516	-0,01246	0,002735	-0,14171	0,63872
1870-1910	1,3633	1,307	1,3243	0,94866	1,328	0,33554	0,13601	0,37007	1,2759
1910-1950	0,093104	1,592	0,48289	0,48666	-0,493	0,39821	1,336	0,63882	0,51592
1950-2018	1,1775	1,5611	0,4176	1,1271	1,1097	2,1636	2,6711	0,48551	1,0196

Tabella 3.2

Nella creazione della tabella i risultati della seconda colonna ovvero che riguardano l'est Europa non coincidono con quelli dell'articolo, tutti gli altri si, compresi quelli mondiali. Probabilmente l'errore è dovuto ad una diversa approssimazione dei dati di partenza.

Per riga abbiamo la distinzione dei periodi sui quali vengono calcolati i tassi di crescita.

In queste tabelle sono stati calcolati i valori del tasso di crescita annuale medio del periodo di riferimento (in percentuale). Per farlo bisogna calcolare il logaritmo del rapporto tra i valori alla fine e all'inizio del periodo, dividere il risultato per il numero di anni che compongono il periodo e moltiplicare per 100.

3.4 PRODUTTIVITA' ENERGETICA (Y/E)

In questo paragrafo Malanima si occupa di analizzare la relazione che c'è tra energia e prodotto interno lordo. La produttività energetica infatti, nelle elaborazioni di Malanima, è calcolata rapportando il pil di un'area geografica con i consumi energetici della stessa area. Questo rapporto fornisce un'indicazione approssimativa di quanto viene prodotto per ogni unità di energia utilizzata.

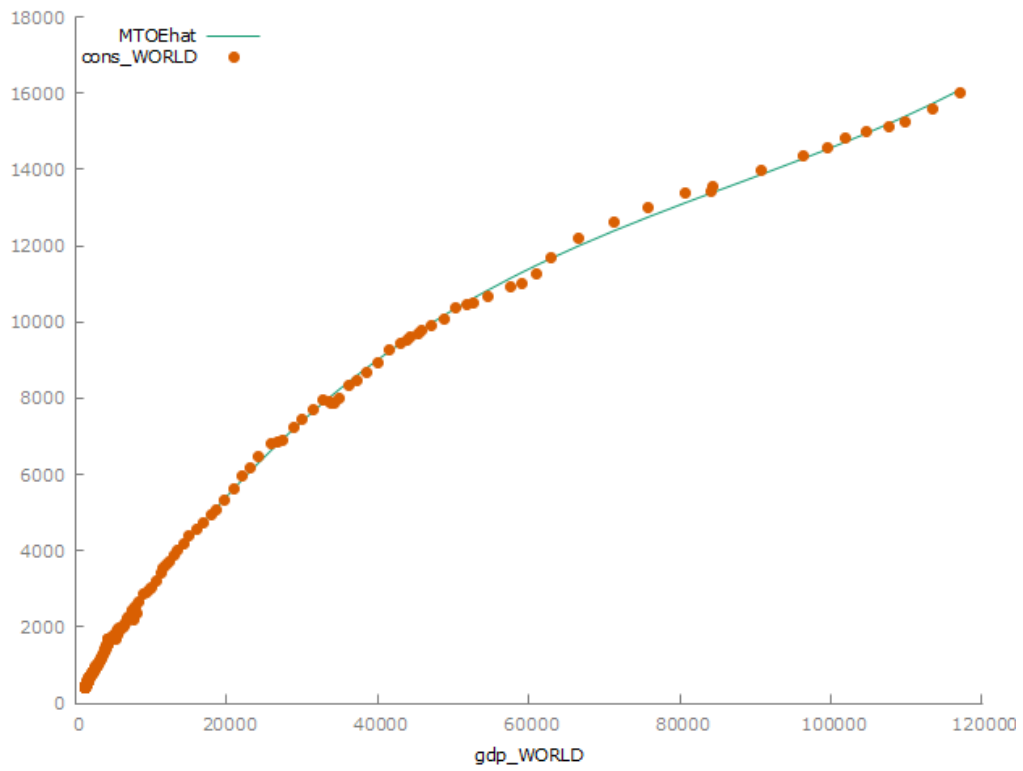


Figura 3.1

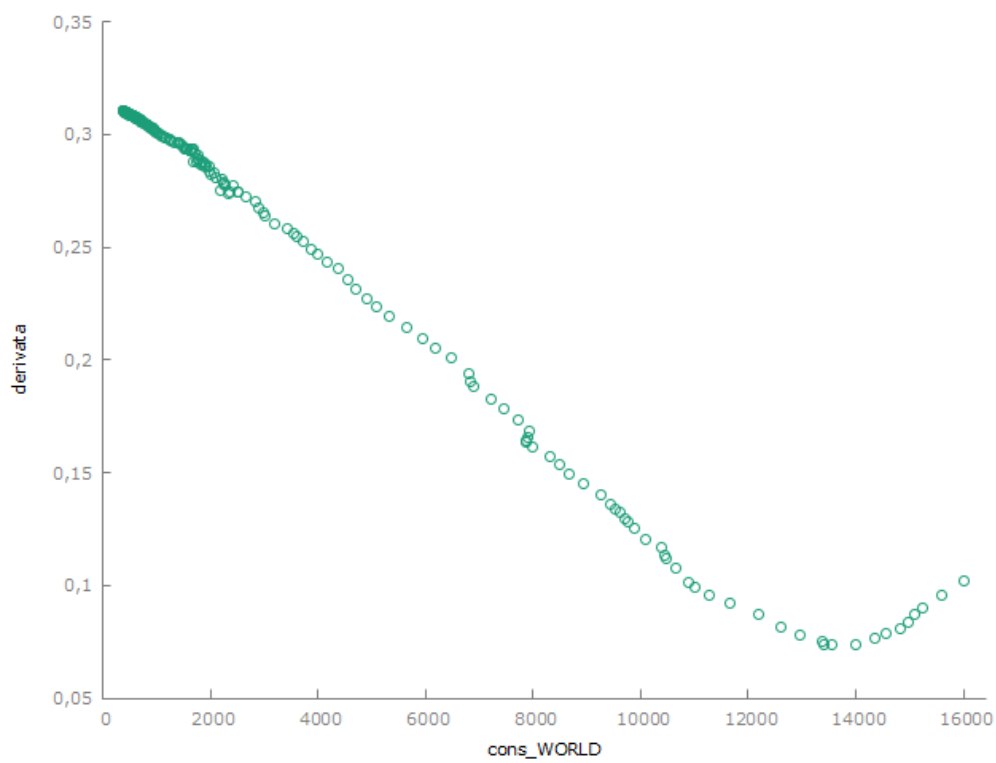


Figura 3.2

La figura 3.1 mostra una regressione non lineare nelle variabili. Il grafico è stato creato regredendo il pil mondiale sui consumi totali mondiali. Per farlo è stata utilizzata un'equazione di terzo grado. Le variabili dipendenti infatti sono costituite dalla costante e dal pil elevato alla terza, alla seconda e alla prima. I pallini arancioni rappresentano il valore dei consumi rispetto al pil, mentre la linea verde rappresenta la stima prodotta dalla regressione (MTOEhat) :
$$Y = 99,2844 + 1,06616E-11 x^3 - 2,79146E-06 x^2 + 0,317173 x \quad (4)$$

dove "x" = pil mondiale e "Y" = consumi totali mondiali.

Qui di seguito vengono presentati i risultati della regressione.

Modello 1: OLS, usando le osservazioni 1820-2018 (T = 199)

Variabile dipendente: cons_WORLD

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value
const	99,2844	11,7730	8,433	7,42e-015 ***
gdp3	1,06616e-011	3,38022e-013	31,54	1,63e-078 ***
gdp2	-2,79146e-06	5,23652e-08	-53,31	3,27e-118 ***
gdp_WORLD	0,317173	0,00196984	161,0	2,40e-209 ***
Media var. dipendente	3669,458	SQM var. dipendente	4268,224	
Somma quadr. residui	1984923	E.S. della regressione	100,8915	
R-quadro	0,999450	R-quadro corretto	0,999441	
F(3, 195)	118056,6	P-value(F)	0,000000	
Log-verosimiglianza	-1198,543	Criterio di Akaike	2405,087	
Criterio di Schwarz	2418,260	Hannan-Quinn	2410,418	
rho	0,858306	Durbin-Watson	0,279897	

Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard

La figura 3.2 invece si ottiene facendo la derivata rispetto al pil (x) della funzione riportata di sopra (3).

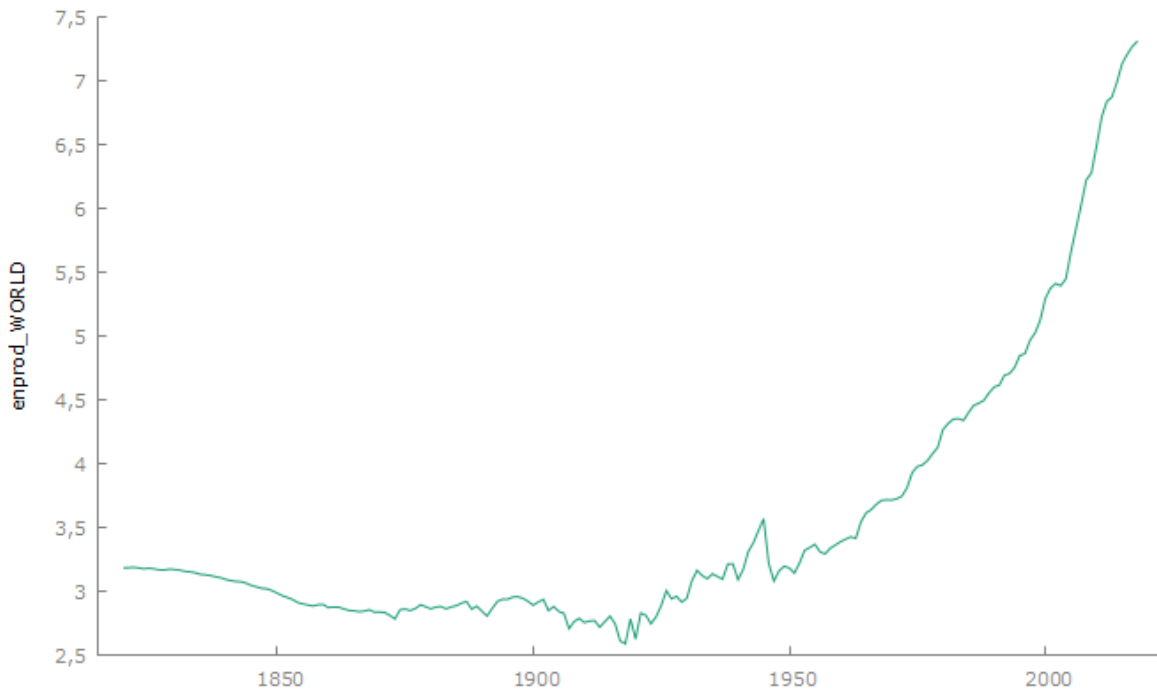


Figura 4

Nella figura 4 viene semplicemente riportato l'andamento della produttività energetica mondiale rispetto al tempo.

Sempre per quanto riguarda pil e consumi Malanima utilizza un'equazione che gli consente di quantificare la non-proporzionalità nella crescita di queste due variabili. L'equazione in questione è:

$$E = b Y^a \quad (5)$$

Dove "E" sono i consumi energetici, "Y" è il pil, "b" è una costante ed "a" è il coefficiente allometrico, ovvero la quantità di cambiamento in "E" per ogni unità di cambiamento in "Y".

Se applichiamo i logaritmi all'equazione otteniamo:

$$\log(E) = \log(b) + a \log(Y) \quad (6)$$

in questo modo siamo in grado di calcolare facilmente il coefficiente allometrico effettuando una regressione lineare del logaritmo del pil sul logaritmo dei consumi energetici.

Il coefficiente allometrico viene trovato in relazione a tre periodi diversi:

1820-2018 a = 0,839645

Modello 5: OLS, usando le osservazioni 1820-2018 (T = 199)

Variabile dipendente: lconsW

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value	
const	0,176850	0,0541359	3,267	0,0013	***
lgdpW	0,839645	0,00609428	137,8	7,99e-198	***
Media var. dipendente	7,546202	SQM var. dipendente	1,159325		
Somma quadr. residui	2,733457	E.S. della regressione	0,117794		
R-quadro	0,989728	R-quadro corretto	0,989676		
F(1, 197)	18982,16	P-value(F)	8,0e-198		
Log-verosimiglianza	144,2611	Criterio di Akaike	-284,5223		
Criterio di Schwarz	-277,9357	Hannan-Quinn	-281,8565		
rho	0,997183	Durbin-Watson	0,023637		

Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard

1820-1910 a = 1,09196

Modello 6: OLS, usando le osservazioni 1820-1910 (T = 91)

Variabile dipendente: lconsW1

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value	
const	-1,77985	0,0701991	-25,35	1,72e-042	***
lgdpW1	1,09196	0,00925657	118,0	1,46e-099	***
Media var. dipendente	6,492876	SQM var. dipendente	0,375392		
Somma quadr. residui	0,080598	E.S. della regressione	0,030093		
R-quadro	0,993645	R-quadro corretto	0,993574		
F(1, 89)	13915,90	P-value(F)	1,46e-99		
Log-verosimiglianza	190,7026	Criterio di Akaike	-377,4052		
Criterio di Schwarz	-372,3835	Hannan-Quinn	-375,3792		
rho	0,945837	Durbin-Watson	0,094363		

Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard

1920-2014 a = 0,752951

Modello 8: OLS, usando le osservazioni 1920-2014 (T = 95)

Variabile dipendente: lconsW2

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value
const	1,07038	0,0671543	15,94	2,45e-028 ***
lgdpW2	0,752951	0,00678843	110,9	1,31e-100 ***
Media var. dipendente	8,482950	SQM var. dipendente	0,737756	
Somma quadr. residui	0,383858	E.S. della regressione	0,064246	
R-quadro	0,992497	R-quadro corretto	0,992417	
F(1, 93)	12302,55	P-value(F)	1,3e-100	
Log-verosimiglianza	126,9904	Criterio di Akaike	-249,9809	
Criterio di Schwarz	-244,8731	Hannan-Quinn	-247,9169	
rho	0,977486	Durbin-Watson	0,104932	

Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820	3596,9	2934,1	807,68	3256,4	2946,4	3459,9	3159,9	2817,4	3,1844
1870	2788,6	3615,9	1363,6	3256,7	3754,5	3196,5	3666,9	4026,8	2,839
1910	2600,8	3938,9	1652,6	3966,1	3553,1	3414,7	4909,2	4756,3	2,7555
1950	3506,9	3590,3	2605,5	4641,6	6293,9	2942,9	4629	3691,5	3,1828
2018	10794	6024,9	7044,2	9605,4	9849,2	6499,7	5733,8	8881,2	7,3108

Tabella 4.1

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1870	0,77529	1,2324	1,6883	1,0001	1,2743	0,92387	1,1604	1,4292	0,89153
1910	0,72308	1,3424	2,0461	1,2179	1,2059	0,98692	1,5536	1,6882	0,8653
1950	0,97499	1,2236	3,2259	1,4254	2,1362	0,85055	1,4649	1,3102	0,9995
2018	3,001	2,0534	8,7215	2,9497	3,3428	1,8786	1,8145	3,1522	2,2958

Tabella 4.2

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820	1129,5	921,4	253,64	1022,6	925,25	1086,5	992,31	884,76	1
1870	982,24	1273,7	480,32	1147,1	1322,5	1125,9	1291,6	1418,4	1
1910	943,88	1429,5	599,75	1439,3	1289,5	1239,2	1781,6	1726,1	1
1950	1101,8	1128	818,63	1458,3	1977,5	924,6	1454,4	1159,8	1
2018	1476,5	824,12	963,54	1313,9	1347,2	889,06	784,29	1214,8	1

Tabella 4.3

La tabella 4.1 contiene al suo interno i valori della produttività energetica nelle diverse macro-aree. I valori di questa tabella sono diversi da quelli dell'articolo in quanto i dati sul pil che ho utilizzato erano in milioni e non in miliardi di dollari. Dividendo per mille i risultati combaciano.

Nella 4.2 sono presenti le variazioni dei livelli di produttività energetica rispetto alla prima osservazione (1820). Per trovare questi valori basta effettuare il rapporto tra le osservazioni e quella iniziale.

Nella 4.3 invece si mette in relazione la produttività energetica delle diverse macro-aree con quella mondiale.

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820-2018	0,55502	0,36338	1,0938	0,54632	0,6095	0,31844	0,30092	0,57985	0,41974
1820-1910	-0,36026	0,3272	0,79547	0,21907	0,20805	-0,01463	0,48951	0,58181	-0,16076
1910-2018	1,3177	0,39353	1,3425	0,81903	0,94404	0,596	0,14377	0,57821	0,90348

Tabella 5.1

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820-1870	-0,50904	0,41788	1,0475	0,000178	0,48475	-0,15838	0,29761	0,71427	-0,22963
1870-1910	-0,17427	0,21385	0,48045	0,49269	-0,13782	0,16506	0,72937	0,41625	-0,07467
1910-1950	0,74726	-0,23161	1,1383	0,3932	1,4294	-0,37176	-0,1469	-0,6336	0,36046
1950-2018	1,6533	0,76127	1,4626	1,0695	0,65854	1,1653	0,31475	1,291	1,2229

Tabella 5.2

Questi sono i valori del tasso di crescita medio annuale nei periodi di riferimento della produttività energetica. Come per le altre tabelle sui tassi di crescita questa è stata calcolata facendo il logaritmo del rapporto tra i valori d'inizio e di fine periodo fratto gli anni trascorsi per cento.

Anche in questo paragrafo non sono stato in grado di replicare l'analisi del fenomeno di convergenza/divergenza a causa della mancanza dei dati annuali sul prodotto interno lordo e sui consumi dei 72 paesi.

Un altro risultato che non sono stato in grado di replicare è stato quello sulla relazione tra produttività energetica e percentuale della forza lavoro nel settore industriale e dei servizi, sempre a causa della mancanza di dati.

3.5 I RISULTATI

Dopo aver analizzato consumi energetici e produttività energetica delle varie macro-aree e dopo aver calcolato i tassi di crescita medi annui, è possibile trovare i risultati.

Per la formula (2) il tasso di crescita del pil pro capite è dato dalla somma tra il tasso di crescita medio annuo dei consumi energetici pro capite (tabella 3.1) e della produttività energetica (tabella 5.1). Calcolando i tassi di crescita del pil (tabella 6.1) è possibile vedere in percentuale quale delle due componenti ha inciso maggiormente sulla crescita del pil pro capite.

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820-2018	1,5445	1,6077	1,6332	1,2152	1,5421	1,2066	1,5163	0,91462	1,2932
1820-1910	0,88551	1,1776	1,4519	0,62277	1,6405	0,12758	0,55148	0,66756	0,76115
1910-2018	2,0936	1,9661	1,7843	1,7089	1,4601	2,1057	2,3204	1,1205	1,7365

Tabella 6.1

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820-2018	64,064	77,397	33,024	55,043	60,476	73,608	80,155	36,602	67,542
1820-1910	140,68	72,214	45,211	64,823	87,318	111,47	11,237	12,845	121,12
1910-2018	37,058	79,984	24,76	52,073	35,346	71,697	93,804	48,397	47,972

Tabella 6.2

	WE	EE	NA	LA	O	As	ME	Af	WORLD
1820-2018	35,936	22,603	66,976	44,957	39,524	26,392	19,845	63,398	32,458
1820-1910	-40,684	27,786	54,789	35,177	12,682	-11,466	88,763	87,155	-21,12
1910-2018	62,942	20,016	75,24	47,927	64,654	28,303	6,196	51,603	52,028

Tabella 6.3

Come si può facilmente notare i valori della 6.2 e 6.3 sono complementari. Le tabelle 6.2 e 6.3 rappresentano infatti la capacità esplicativa in percentuale di rispettivamente consumi pro capite e produttività energetica. Queste percentuali sono state trovate partendo dalle tabelle 3.1 e 5.1.



Figura 5

Nella figura 5 vengono riportati i valori delle percentuali nel periodo 1820-2018 del mondo e di tutte le macro-aree. Sull'asse delle ascisse abbiamo la percentuale che riguarda la produttività energetica, mentre sulle ordinate quella dei consumi pro capite. L'unico pallino senza etichetta è quello delle percentuali mondiali. Più si sale nel grafico più è alta la percentuale relativa ai consumi energetici pro capite e bassa quella relativa alla produttività energetica. Viceversa se ci si sposta verso il basso.

4 SCRIPT GRETL

In questo ultimo capitolo ho riportato tutte le elaborazioni compiute attraverso il file comandi di Gretl. L'esecuzione di questo script porta alla creazione delle tabelle e dei grafici che ho cercato di ricreare partendo dal database iniziale.

```
1 set verbose off
2 open "database completo.gdt" --quiet
3
4
5 #figura 1.1 1.2
6 series conspc_WORLD = cons_WORLD/pop_WORLD * 1000
7 scatters cons_WORLD conspc_WORLD --output=display
8
9
10 # tabella 1.1 1.2
11
12 strings sources = defarray("food", "fuelwood", "draft_animals", \
13     "coal" , "oil" , "gas" , "electricity" , "nuclear", "cons")
14 list X = null
15 list Z = null
16 world_energy_consumption = {}
17 percentuale = {}
18
19 loop foreach i sources
20     series $i_pc_WORLD = $i_WORLD/ pop_WORLD *1000
21     series sh$i_WORLD = 100 * $i_WORLD/cons_WORLD
22     X += $i_pc_WORLD
23     Z += sh$i_WORLD
24 endloop
25
26 loop foreach i 1820 1870 1910 1950 2018
27     smpl $i $i
28     world_energy_consumption = world_energy_consumption | {X}
29     percentuale = percentuale | {Z}
30 endloop
31
32 smpl full
33 strings datet1 = defarray("1820","1870","1910","1950","2018")
34 rnameset (world_energy_consumption , datet1)
35 rnameset (percentuale , datet1)
36 print world_energy_consumption percentuale
```

```

37
38
39 #figura 2.1 2.2
40
41 list Y = null
42 list Z = shoil_WORLD shcoal_WORLD shgas_WORLD
43
44 loop foreach i Z
45     series y_$i = ($i / (100- $i))
46     Y += y_$i
47 endloop
48
49 list W = null
50 series shtrad_WORLD = shfood_WORLD + shfuelwood_WORLD + shdraft_animals_WORLD
51 series shfossil_WORLD = shoil_WORLD + shcoal_WORLD + shgas_WORLD
52 series shnew_WORLD = shelectricity_WORLD + shnuclear_WORLD
53
54 list X = shtrad_WORLD shfossil_WORLD shnew_WORLD
55
56 loop foreach i X
57     series y_$i = ($i / (100-$i))
58     list W += y_$i
59 endloop
60
61
62 plot Y
63     options with-lines time-series single-yaxis ylogscale
64 end plot --output=display
65 plot W
66     options with-lines time-series single-yaxis ylogscale
67 end plot --output=display

70 #tabella 2.1 2.2 2.3 2.4
71
72 strings consumptionpc = defarray ("WE" , "EE" , "NA" , "LA" , "O" , "As" , "ME" , "Af" , "WORLD")
73
74 list X = null
75 list Y = null
76 list Z = null
77 list W = null
78 matrix cX = {}
79 matrix cY = {}
80 matrix cZ = {}
81 matrix cW = {}
82
83 loop foreach i consumptionpc
84     series conspc_$i = cons_$i / pop_$i *1000
85     series shcons_$i = (cons_$i / cons_WORLD) *100
86     series consvsl_$i = (conspc_$i / conspc_$i[1820])
87     series consvsW_$i = (conspc_$i / conspc_WORLD)
88
89     list X += conspc_$i
90     list Y += shcons_$i
91     list Z += consvsl_$i
92     list W += consvsW_$i
93 endloop
94
95 loop foreach i 1820 1870 1910 1950 2018
96     smpl $i $i
97     cX = cX | {X}
98     cY = cY | {Y}
99     cZ = cZ | {Z}
100    cW = cW | {W}
101
102 endloop
103
104 smpl full
105 rnameset (cX,datet1)
106 rnameset (cY,datet1)
107 rnameset (cZ,datet1)
108 rnameset (cW,datet1)
109 print cX cY cZ cW

```

```

144
145 # figura 3.1 3.2
146
147 series gdp3 = gdp_WORLD ^3
148 series gdp2 = gdp_WORLD ^2
149
150
151 ols cons_WORLD const gdp3 gdp2 gdp_WORLD
152 series derivata = 3*$coeff[2]*gdp2 + 2*$coeff[3]*gdp_WORLD + $coeff[4]
153
154 series MTOEhat = $yhat
155 list X = MTOEhat cons_WORLD gdp_WORLD
156 plot X
157     option with-lines=MTOEhat
158 end plot --output=display
159
160 gnuplot derivata cons_WORLD --output=display --fit=none
161

```

```

144
145 # figura 3.1 3.2
146
147 series gdp3 = gdp_WORLD ^3
148 series gdp2 = gdp_WORLD ^2
149
150
151 ols cons_WORLD const gdp3 gdp2 gdp_WORLD
152 series derivata = 3*$coeff[2]*gdp2 + 2*$coeff[3]*gdp_WORLD + $coeff[4]
153
154 series MTOEhat = $yhat
155 list X = MTOEhat cons_WORLD gdp_WORLD
156 plot X
157     option with-lines=MTOEhat
158 end plot --output=display
159
160 gnuplot derivata cons_WORLD --output=display --fit=none
161

```

```

162
163 #formula 1
164
165 lconsW = log(cons_WORLD)
166 lgdpW = log(gdp_WORLD)
167
168 ols lconsW const lgdpW
169 eval $coeff[2]
170
171 smpl 1819 1910
172 lconsW1 = lconsW
173 lgdpW1 = lgdpW
174
175 ols lconsW1 const lgdpW1
176 smpl full
177
178 smpl 1920 2014
179 lconsW2 = lconsW
180 lgdpW2 = lgdpW
181
182 ols lconsW2 const lgdpW2
183 smpl full
184
185
186 #figura 4
187
188 series enprod_WORLD = gdp_WORLD/ cons_WORLD
189 gnuplot enprod_WORLD --with-lines --time-series --output=display
190

```

```

191
192 #tabella 4.1 4.2 4.3
193 list X = null
194 list Y = null
195 list Z = null
196
197 matrix mX = {}
198 matrix mY = {}
199 matrix mZ = {}
200
201 loop foreach i consumptionpc
202     series enprod $i = gdp_$i / cons_$i
203     series enpvs1820_$i = enprod_$i / enprod_$i[1820]
204     series enpvs wrld_$i = enprod_$i / enprod_WORLD
205     list X += enprod_$i
206     list Y += enpvs1820_$i
207     list Z += enpvs wrld_$i
208 endloop
209
210 loop foreach i 1820 1870 1910 1950 2018
211     smpl $i $i
212     matrix mX = mX | {X}
213     matrix mY = mY | {Y}
214     matrix mZ = mZ | {Z}
215 endloop
216
217 smpl full
218 rnameset (mX,datet1)
219 rnameset (mY,datet1)
220 rnameset (mZ,datet1)
221 print mX mY mZ
222

223
224 #tabella 5.1 5.2|
225
226 matrix grenprod = zeros(rows(limiti), nelem(consumptionpc))
227
228 loop i = 1..rows(limiti)
229     t0 = limiti[i,1]
230     t1 = limiti[i,2]
231     s0 = sprintf("%d", t0) #fissa volta per volta l'argomento di t0
232     s1 = sprintf("%d", t1)
233     k = 1
234     loop foreach j consumptionpc
235         x0 = enprod_$j[s0]
236         x1 = enprod_$j[s1]
237         grenprod[i,k] = 100*log(x1/x0)/(t1-t0)
238         k = k+1
239     endloop
240 endloop
241
242 grenprod1 = grenprod[1:3,]
243 grenprod2 = grenprod[4:7,]
244
245 rnameset (grenprod1,datet2)
246 cnameset (grenprod1,consumptionpc)
247 rnameset (grenprod2,datet3)
248 cnameset (grenprod2,consumptionpc)
249
250 print grenprod1 grenprod2

```

```

252 #tabella 6.1 6.2 6.3
253 list gdppc = null
254 matrix gpc = {}
255
256 loop foreach i consumptionpc
257     series gdppc_$i = gdp_$i / pop_$i
258     list gdppc += gdppc_$i
259 endloop
260
261 matrix limitil = limiti[1:3,]
262 matrix grgdp = zeros(rows(limitil), nelem(consumptionpc))
263
264 loop i = 1 .. rows(limitil)
265     t0 = limitil[i,1]
266     t1 = limitil[i,2]
267     s0 = sprintf("%d", t0)
268     s1 = sprintf("%d", t1)
269     k = 1
270     loop foreach j consumptionpc
271         x0 = gdppc_$j[s0]
272         x1 = gdppc_$j[s1]
273         grgdp[i,k] = 100*log(x1/x0)/(t1-t0)
274         k = k+1
275     endloop
276 endloop
277
278 exppowercons = (growthcons1./grgdp)*100
279 exppowerenprod = (grenprod1./grgdp)*100
280
281 print grgdp exppowercons exppowerenprod

283 #figura 5
284
285 matrix lastgraph = exppowercons[1,]' ~ exppowerenprod[1,]'
286 rnameset (lastgraph, consumptionpc)
287 print lastgraph
288
289 gnuplot --matrix=lastgraph --fit=none --output=display
290
291

```

Le numerazioni delle tabelle e dei grafici non seguono quelle dello script di Malanima bensì quelle del mio elaborato.

RIFERIMENTI

P.MALANIMA. *Energy, productivity and structural growth. The last two centuries*. Elsevier.

University Magna Graecia in Catanzaro, Viale Europa - 88100 CATANZARO. pp 54-65

P.MALANIMA. *World Energy Consumption. A Database.1820-2018. (2020 revision)*.

Pp 1-93

BIBLIOGRAFIA

P.MALANIMA, *La transizione energetica in Europa dal 1700 a oggi*. Museo energia.

R.LUCCHETTI, A.COTTRELL. *Gretl User's Guide. (Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library)*. Dipartimento di Economia, Università Politecnica delle Marche.

Department of Economics, Wake Forest University. Agosto 2021.

R.LUCCHETTI, A.COTTRELL. *A Hansl Primer. The scripting language of gretl in 55*

minutes. Dipartimento di Economia, Università Politecnica delle Marche. Department of

Economics, Wake Forest University. Agosto 2021.