

MODELLO GRAVITAZIONALE PER LA STIMA DEI FLUSSI DI MERCE
AGRO-ALIMENTARE NEL MEDITERRANEO

Domenico GATTUSO¹, Gian Carla CASSONE²

SOMMARIO

La nota propone un modello gravitazionale per la stima dei flussi commerciali all'interno del bacino del Mediterraneo. Dopo un breve stato dell'arte circa i modelli gravitazionali utilizzati in letteratura, si procede all'illustrazione delle diverse fasi che hanno portato alla definizione ed implementazione del modello proposto: indagini e costruzione del data base, specificazione, calibrazione e verifica. Il modello ottenuto è utilizzato per la realizzazione di analisi di scenario finalizzate a valutare l'andamento dei flussi commerciali tra i paesi appartenenti all'area Euro-Mediterranea nell'ipotesi di un miglioramento delle condizioni economiche e sociali dei paesi della sponda Sud.

¹ Università Mediterranea, Via Graziella – Feo di Vito, 89100, Reggio Cal, e-mail: domenico.gattuso@unirc.it.

² Università Mediterranea, Via Graziella – Feo di Vito, 89100, Reggio Cal, e-mail: giancarla.cassone@unirc.it
(corresponding author)

1. Introduzione

Il Mediterraneo vive da alcuni anni vicende turbolente che rischiano di rallentare il processo di sviluppo economico-sociale che sembrava profilarsi negli ultimi decenni. Questo processo è stato fortemente condizionato dalla situazione di instabilità sia sul piano politico che sul piano sociale. Il Sud Europa vive una crisi senza precedenti, nei paesi della riva sud del Mediterraneo sono in corso rilevanti processi di riassetto politico-istituzionale, in alcune nazioni come nel Medio Oriente sono addirittura in corso conflitti armati. È ormai evidente sulla scena internazionale una “questione mediterranea”, che rischia di aggravarsi nel tempo in assenza di politiche e di azioni diplomatiche accorte, lungimiranti, fondate su principi di pace, solidarietà, equità sociale. Politiche del genere possono essere attivate favorendo le relazioni e gli scambi commerciali fra i paesi, in particolare favorendo la crescita economica degli Stati più poveri. Sostenere quest’ultima può determinare da un lato maggiore stabilità politica e sociale, peraltro frenando i flussi migratori Sud-Nord, dall’altro un intensificarsi dei flussi commerciali bidirezionali, con beneficio generalizzato per tutta la comunità mediterranea, anche in relazione al rilevante e crescente peso demografico che la caratterizza.

In un tale scenario diventa fondamentale l’analisi dei flussi commerciali e, specificatamente dei flussi merce agro-alimentare, nonché della loro distribuzione spaziale e geografica. Il paper propone, a tal fine, un modello gravitazionale log-lineare per la stima dei flussi commerciali agro-alimentari nell’area Euro-Mediterranea.

2. Modelli gravitazionali per il trasporto delle merci

La disponibilità di un bene per il consumo finale in una data zona è possibile grazie alla produzione di tale bene in un’altra zona: lo spostamento che ne risulta tra la zona di produzione e la zona di consumo può quindi essere rappresentato da una matrice di domanda merci. Nella letteratura (Cascetta, 2009) la simulazione degli scambi di merci viene affrontata secondo due differenti approcci. Nel primo caso si procede alla valutazione separata della domanda in export e di quella in import utilizzando rispettivamente un modello di *generazione-distribuzione* ed un modello di *attrazione-acquisizione*; nel secondo caso si procede alla definizione congiunta della domanda di import/export utilizzando un modello di tipo *gravitazionale*.

Nelle teorie del commercio, il modello di gravitazione universale predice una relazione positiva tra i flussi di merce internazionali in rapporto all’ampiezza degli Stati interagenti (misurata dal PIL - Prodotto Interno Lordo) e alla distanza reciproca. L’importanza di considerare nel modello la dimensione economica risiede nel fatto che Paesi più grandi generano più reddito dalla vendita di beni e servizi quindi i loro residenti sono in grado di importare di più, mentre l’importanza di tener conto del parametro distanza sta nel fatto che questa ha effetti sulla possibilità di creare contatti e di facilitare le comunicazioni, le quali, a loro volta, influenzano il commercio stesso.

Tale tematica è di consolidata applicazione nell’ingegneria dei trasporti e nella geografia economica, con numerosi contributi di sintesi dello stato dell’arte (Begstrand, 1985; Porojan, 2001; Egger, 2002; Carrere, 2006; Kepaptsoglou et al., 2009).

Il modello gravitazionale, inizialmente formulato dall’economista Tinbergen nel 1962 (poi ripreso e consolidato da Pulliainen nel 1963 e da Linneman nel 1966), è ispirato all’idea che la vicinanza geografica faciliti gli scambi commerciali per una serie di ragioni che vanno dai bassi costi di trasporto alle similarità istituzionali e di lingua tra Stati. Nello specifico Tinbergen propone di utilizzare la seguente espressione analitica, che richiama la ben nota formula di Newton:

$$F_{ij} = G \frac{M_i^{\beta_1} M_j^{\beta_2}}{D_{ij}^{\beta_3}} \quad (1)$$

in cui F_{ij} è il flusso di export dal Paese i al Paese j ; G è una costante; M_i e M_j rappresentano la massa economica rispettivamente del Paese esportatore e di quello importatore (in genere si assume il PIL e, talvolta, la popolazione o entrambe le variabili), D_{ij} rappresenta la distanza tra i Paesi considerati e β_k sono i parametri del modello.

Occorre evidenziare che nella pratica la calibrazione dei coefficienti del modello si presenta laboriosa e comunque non direttamente risolvibile con le normali tecniche statistiche. Pertanto si ricorre alla trasformazione logaritmica, ottenendo la ben nota espressione log-lineare del modello gravitazionale:

$$\ln F_{ij} = \alpha + \beta_1 \ln M_i + \beta_2 \ln M_j + \beta_3 \ln D_{ij} \quad (2)$$

Il modello può quindi essere calibrato con le normali tecniche adottate per le regressioni lineari.

Sono state formulate diverse ipotesi riguardo alla determinazione della misura di distanza ottimale, tra cui la distanza geografica tra i “centroidi” (il centro delle attività localizzato in posizione baricentrica rispetto all’estensione del Paese) o tra le capitali dei Paesi. Altre proposte consistono nel misurare tale distanza direttamente attraverso misure di costi di trasporto. Vengono talvolta abbinate alla distanza fattori di impedimento quali la distanza tecnologica, intesa come differenza nel livello tecnologico.

Il modello è stato ampiamente utilizzato in letteratura per la stima dei flussi di commercio internazionale e per valutare l’impatto di certe scelte di politica economica, sia nella sua versione di base, sia esteso in modo da comprendere variabili di natura diversa. Secondo quanto riportato da Head (2000) i coefficienti β_1 e β_2 dovrebbero essere pari all’unità ma, solitamente, nei vari lavori empirici si riscontrano valori compresi fra 0,7 e 1,1. Il confronto fra i coefficienti β_1 e β_2 può essere utile per alcune interpretazioni economiche: secondo alcuni autori (Feenstra, Markusen e Rose, 1998) se $\beta_1 \geq \beta_2$ si è in presenza del cosiddetto “*home market effect*” che si ha quando l’offerta di output di un Paese cresce più della domanda interna stimolando in tal modo i flussi di esportazione. Il coefficiente β_3 dovrebbe assumere segno negativo ($\beta_3 < 0$) in quanto la distanza viene utilizzata come “proxy” cioè come approssimazione dei costi di trasporto, ma anche di altri fattori quali la deperibilità dei beni, i costi di comunicazione e di transazione e la “distanza culturale” che costituiscono un ostacolo al commercio internazionale; uno studio di Head mostra un valore medio di tale coefficiente pari a -0,94: ciò può essere interpretato nel senso che un raddoppio della distanza avrebbe come effetto un dimezzamento del commercio fra i due Paesi (Head, 2000).

3. Modello gravitazionale per flussi merce agro-alimentari nel Mediterraneo

Obiettivo della nota è quello implementare un modello che da un lato sia sufficientemente semplice da poter essere facilmente applicato ad un’area di studio vasta e dall’altro che conservi alcune caratteristiche rilevanti tali da consentire una buona rappresentazione della realtà. Un modello di tipo gravitazionale è quello più idoneo per l’analisi dei flussi di traffico merci a scala internazionale nel contesto Euro-Mediterraneo. Si è fatto riferimento specifico a cinque categorie merceologiche (cereali, carne e pesce, latte e uova, prodotti agro-alimentari e prodotti agricoli) in rapporto all’idea di considerare beni di prima necessità ed alla disponibilità di banche dati attendibili. In fase di specificazione, calibrazione e verifica del modello sono stati studiati i flussi in export nell’area Euro-Mediterranea considerando 18 Paesi (8 appartenenti alla sponda Nord del mediterraneo e 10 appartenenti alla sponda Sud). I modelli presenti nella letteratura di settore a volte risultano complessi in quanto considerano una serie (spesso numerosa) di variabili proxy con lo scopo di esprimere esplicitamente le condizioni al contorno (situazione politica, presenza di conflitti, condizione sociale, presenza di accordi commerciali specifici) che potrebbero influenzare l’entità dei flussi merci fra gli stati; nel caso specifico, al fine di semplificare il modello e renderlo applicabile anche in assenza di informazioni precise circa tali condizioni al contorno, si è scelto di non introdurre variabili proxy, tenendo comunque conto delle condizioni al contorno attraverso l’introduzione di un termine noto nell’espressione lineare del modello.

3.1 Indagini e data base

Le informazioni e i dati necessari per la costruzione del modello gravitazionale sono stati ottenuti attraverso una procedura articolata che ha richiesto l'acquisizione, l'elaborazione e l'aggregazione di dati provenienti da diversi data-base digitali su siti web ufficiali. In particolare si è proceduto alla consultazione ed interrogazione sistematica dei data base della Word Bank Group (WBG), dell'Organizzazione Mondiale del Commercio (WTO), dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO) e delle Nazioni Unite (ONU). Sulla base delle informazioni reperite si è proceduto alla costruzione dei profili commerciali degli Stati che si affacciano sul Mar Mediterraneo indicando, per ciascuno di essi, il PIL, la popolazione totale e rurale, la percentuale di terreno agricolo, i flussi commerciali in termini di esportazioni ed importazioni distinti per tipologie merceologiche.

I dati raccolti sono stati sistematizzati ed organizzati in un data-base sintetico, modulare, potenzialmente e periodicamente aggiornabile, con i grandi numeri relativi al sistema analizzato. La costruzione del sistema informativo integrato ha indotto ad organizzare i dati in tabelle ordinate e corredate di espressioni grafiche al fine di facilitare l'interpretazione degli stessi e le successive analisi statistiche.

Nello specifico i dati relativi alle esportazioni per le categorie merceologiche esaminate sono stati organizzati in matrici Origine/Destinazione; il generico elemento della matrice è il flusso (F_{ij}) da uno specifico Paese di origine (i) ad uno specifico Paese di destinazione (j). A titolo esemplificativo nella tabella 1 si riporta la matrice O/D ricostruita per i prodotti agro-alimentari.

Tabella 1 - Matrice O/D dei flussi merce agro alimentari anno 2012 (in milioni di \$)

O/D	E	F	I	M	SLO	HR	AL	GR	CY	TR	SYR	RL	IL	ET	LAR	TN	DZ	MA	Totale
E	-	736	329	3,22	2,18	7,09	0,23	71,31	5,35	19,76	2,24	14,65	20,83	14,63	32,00	11,19	75,51	47,66	1.393
F	1.177	-	769	5,59	16,14	16,90	0,82	105	9,10	29,44	5,81	41,86	32,95	19,21	36,20	15,03	194,23	61,89	2.536
I	450	1.516	-	56,37	76,75	80,90	35,85	205	20,60	74,89	1,09	35,46	104	44,00	67,68	10,32	35,79	20,80	2.836
M	0,06	0,15	0,58	-	0,00	0,01	0,00	0,09	0,17	0,14	0,00	0,60	0,03	0,36	7,58	0,02	0,04	0,00	10
SLO	3,43	6,21	13,44	0,49	-	29,97	6,12	0,04	0,00	0,23	0,00	0,06	0,36	0,03	0,06	0,00	0,02	0,05	61
HR	0,29	0,44	1,24	0,09	46,74	-	3,73	0,02	0,11	0,21	0,00	0,19	0,43	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	54
AL	0,00	0,20	0,42	0,00	0,00	0,00	-	1,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	3
GR	4,97	10,35	34,25	1,64	0,24	0,75	17,70	-	88,53	6,04	0,01	2,07	2,65	2,11	0,83	0,00	7,15	0,10	179
CY	0,13	0,00	0,04	0,11	0,00	0,00	0,04	3,48	-	0,00	0,03	0,36	1,18	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	5
TR	26,54	53,72	8,53	0,69	0,26	5,61	28,51	10,53	34,32	-	32,61	48,23	83,22	42,80	132,15	8,04	76,05	6,08	598
SYR	1,09	0,94	0,20	0,01	0,00	0,00	0,02	0,22	0,40	4,89	-	6,97	0,00	12,44	0,73	6,63	11,42	1,64	48
RL	0,21	2,09	0,21	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17	0,29	0,25	26,22	-	0,00	5,04	0,69	1,29	2,23	0,99	40
IL	3,20	22,74	13,56	0,05	1,88	0,64	0,01	0,64	1,38	2,59	0,00	0,00	-	0,20	0,00	0,00	0,00	0,03	47
ET	1,40	0,44	2,21	0,00	0,04	0,00	0,01	0,04	0,18	5,69	10,39	20,79	15,37	-	39,21	4,14	5,63	14,30	120
LAR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,48	0,00	0,00	0
TN	0,00	16,15	1,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,24	0,00	0,76	0,00	1,60	5,05	-	11,68	1,49	39
DZ	0,82	0,64	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,56	-	0,00	3
MA	3,52	19,73	0,65	1,09	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	1,47	0,31	0,07	0,00	3,14	6,76	16,92	11,84	-	66
Totale	1.673	2.386	1.176	69	144	142	93	398	160	146	79	172	261	146	329	75	432	155	8.036

E – Spagna; F – Francia; I – Italia; M – Malta; SLO – Slovenia; HR – Croazia; AL – Albania; GR – Grecia; CY – Cipro; TR – Turchia; SYR – Siria; RL – Libano; IL – Israele; ET – Egitto; LAR – Libia; TN – Tunisia; DZ – Algeria; MA - Marocco

3.2 Specificazione

La fase di costruzione del modello richiede l'individuazione delle variabili significative da cui dipende la variabile dipendente che si intende stimare e la definizione della forma funzionale (lineare, logaritmica, esponenziale...) del modello stesso. Nel caso specifico il modello di riferimento è un modello gravitazionale nella sua trasformazione logaritmica (cfr formula (2)) in cui la variabile dipendente (F_{ij}) è rappresentata dal logaritmo del flusso commerciale in export tra il paese i ed il paese j ; mentre le tre variabili indipendenti sono rappresentate dai logaritmi della massa economica dei paesi i (M_i) e j (M_j) e dal logaritmo della distanza tra gli stessi (D_{ij}).

In particolare la massa economica dei paesi importatore ed esportatore è stata valutata assumendo il PIL del singolo paese. Quale distanza si è assunto il costo temporale intermodale, ovvero il tempo

necessario per garantire il collegamento tra il Paese esportatore e quello importatore mediante l'ausilio di un trasporto intermodale di tipo strada-mare (figura 1).

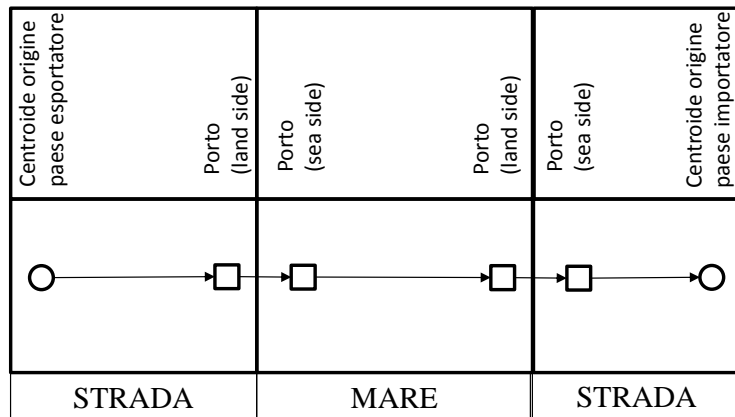


Figura 1: Schema per il calcolo della distanza temporale intermodale

Tale distanza è stata valutata prendendo a riferimento il principale porto container di ciascun paese e rappresentando l'origine del flusso commerciale e la sua destinazione finale con un centroide "paese" localizzato in posizione baricentrica rispetto all'estensione dello stesso. In definitiva la distanza temporale T_{ij} è stata valutata come:

$$T_{ij} = T_{io} + T_{od} + T_{dj}$$

essendo:

- T_{io} pari al tempo necessario per raggiungere via strada il porto o del Paese esportatore a partire dal centroide i rappresentativo dello stesso Paese;
- T_{od} pari al tempo impiegato per il collegamento marittimo tra il porto o del Paese esportatore e quello d del Paese importatore;
- T_{dj} pari al tempo necessario per raggiungere la destinazione finale (coincidente con il centro di attività j) a partire dal porto d con la modalità tutto strada.

Il calcolo dei tempi è stato effettuato nell'ipotesi che la velocità commerciale per la percorrenza delle tratte stradali sia pari a 70 Km/h e quella per la percorrenza delle tratte marittime pari a 14 nodi:

$$v_{c(stada)} = 70 \text{ Km/h}$$

$$v_{c(mare)} = 20 \text{ nodi (37,04 Km/h)}$$

Pertanto avendo indicato con D_{io} la distanza su rete tra i e o , D_{od} quella tra o e d e D_{dj} quella tra d e j si ottiene:

$$T_{ij} = \frac{D_{io} + D_{dj}}{v_{c(stada)}} + \frac{D_{od}}{v_{c(mare)}}$$

La matrice delle distanze temporali è riportata in tabella 2.

L'individuazione delle variabili indipendenti del modello è stata effettuata sulla base di considerazioni di carattere statistico attraverso la costruzione e l'analisi di matrici di regressione tradotte graficamente in diagrammi a dispersione che descrivono le possibili correlazioni tra coppie di variabili che intervengono nel problema analizzato.

La costruzione delle matrici mette in luce il tipo ed il grado di relazione esistente tra la variabile risposta, ovvero il flusso in export da i verso j , e le variabili esplicative; inoltre le matrici permettono di

valutare il grado di relazione tra le variabili indipendenti prese in esame consentendo di effettuare verifiche circa la loro indipendenza

Nella figura 2, a titolo esemplificativo è riportata la matrice di regressione relativa ai prodotti agro-alimentari.

Tabella 2 - Matrice O/D delle distanze temporali intermodali (h)

O/D	E	F	I	M	SLO	HR	AL	GR	CY	TR	SYR	RL	IL	ET	LAR	TN	DZ	MA
E		31,44	38,87	43,36	76,01	72,63	56,91	71,64	89,22	96,08	99,41	94,63	96,23	98,17	77,01	40,79	34,83	34,08
F	31,44		26,13	41,79	69,99	66,60	50,89	66,40	83,98	90,84	94,17	89,39	91,25	93,72	75,44	38,63	45,75	53,29
I	38,87	26,13		39,35	64,31	60,92	45,21	61,88	79,47	86,32	89,65	84,87	86,73	89,20	73,32	39,64	51,32	59,69
M	43,36	41,79	39,35		38,29	34,91	19,19	30,41	48,00	54,86	58,19	53,41	55,51	57,41	34,60	18,88	46,21	59,83
SLO	76,01	69,99	64,31	38,29		14,56	23,51	46,61	64,94	71,51	74,94	70,87	71,92	75,17	62,66	53,51	80,06	92,77
HR	72,63	66,60	60,92	34,91	14,56		19,92	43,17	61,56	68,03	71,56	67,49	68,49	71,74	59,27	50,13	76,67	89,39
AL	56,91	50,89	45,21	19,19	23,51	19,92		25,96	44,19	50,81	54,29	49,47	51,17	54,42	44,41	34,41	60,96	73,67
GR	71,64	66,40	61,88	30,41	46,61	43,17	25,96		31,61	37,88	41,31	37,02	39,23	42,74	41,18	47,25	74,58	88,20
CY	89,22	83,98	79,47	48,00	64,94	61,56	44,19	31,61		14,34	14,23	9,11	11,31	24,29	52,18	64,84	92,17	105,79
TR	96,08	90,84	86,32	54,86	71,51	68,03	50,81	37,88	14,34		14,79	14,12	19,04	31,47	60,38	71,69	99,02	112,64
SYR	91,29	90,97	65,79	74,73	68,14	59,86	39,19	16,39	16,12	15,36		10,40	19,71	55,27	85,36	92,30	125,15	13,66
RL	94,63	89,39	84,87	53,41	70,87	67,49	49,47	37,02	9,11	14,12	11,71		7,23	21,34	57,48	70,24	97,58	111,19
IL	96,23	91,25	86,73	55,51	71,92	68,49	51,17	39,23	11,31	19,04	17,15	7,23		20,15	59,14	71,84	99,17	112,79
ET	98,17	93,72	89,20	57,41	75,17	71,74	54,42	42,74	24,29	31,47	30,47	21,34	20,15		58,89	74,00	101,33	114,95
LAR	77,01	75,44	73,32	34,60	62,66	59,27	44,41	41,18	52,18	60,38	63,63	57,48	59,14	58,89		52,53	79,87	93,48
TN	40,79	38,63	39,64	18,88	53,51	50,13	34,41	47,25	64,84	71,69	75,02	70,24	71,84	74,00	52,53		42,81	56,43
DZ	34,83	45,75	51,32	46,21	80,06	76,67	60,96	74,58	92,17	99,02	102,36	97,58	99,17	101,33	79,87	42,81		47,70
MA	34,08	53,29	59,69	59,83	92,77	89,39	73,67	88,20	105,79	112,64	115,97	111,19	112,79	114,95	93,48	56,43	47,70	

E – Spagna; F – Francia; I – Italia; M – Malta; SLO – Slovenia; HR – Croazia; AL – Albania; GR – Grecia; CY – Cipro; TR – Turchia; SYR – Siria; RL – Libano; IL – Israele; ET – Egitto; LAR – Libia; TN – Tunisia; DZ – Algeria; MA – Marocco

Si può osservare che le variabili indipendenti del modello non sono fra loro correlate, mentre il flusso F_{ij} cresce all'aumentare del PIL dei paesi tra cui avviene lo scambio e diminuisce debolmente all'aumentare della distanza temporale intermodale.

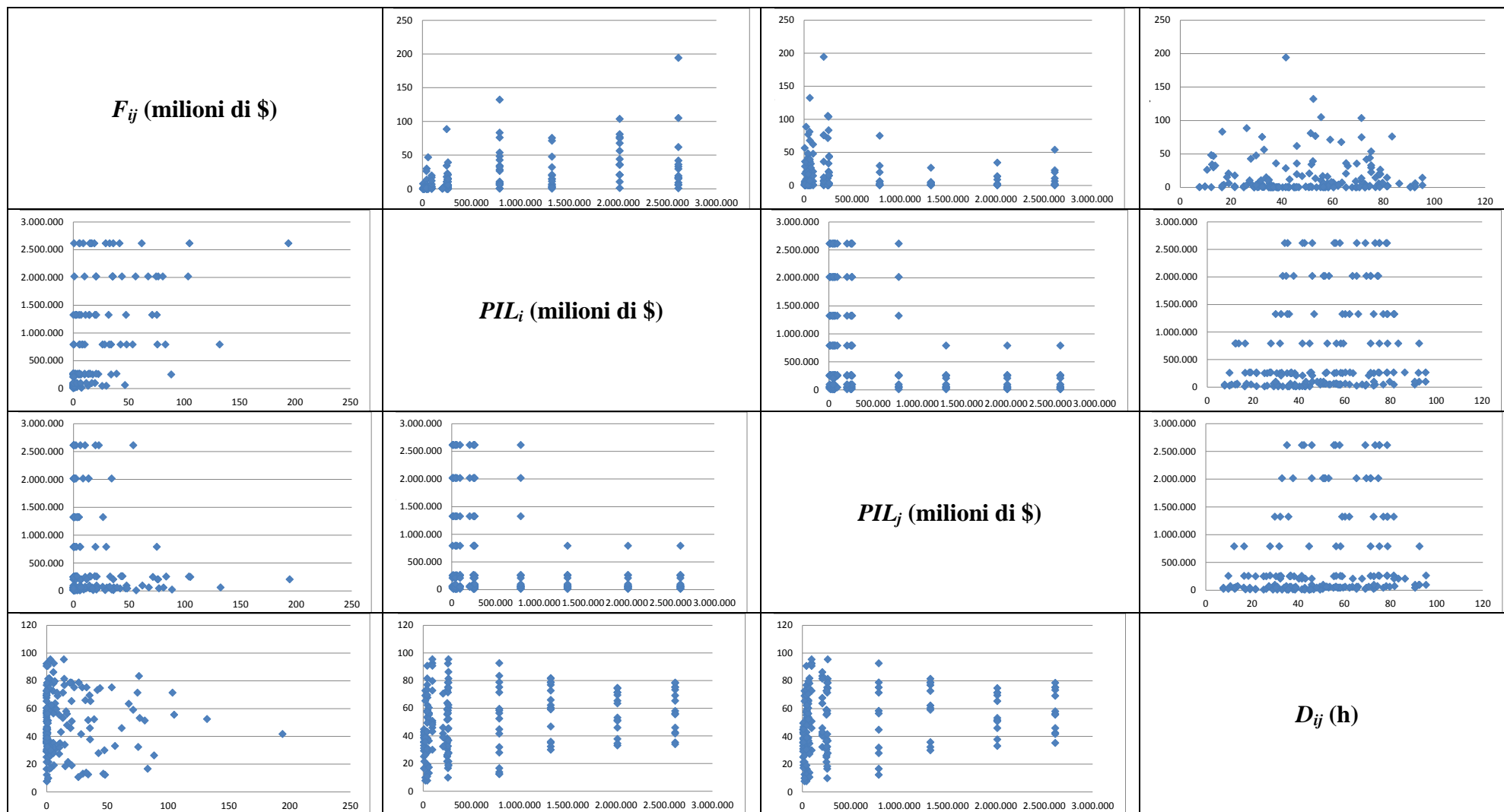


Figura 2: Matrice di regressione per la categoria merceologica “prodotti agro-alimentari”

3.3 Calibrazione

La calibrazione del modello, per le differenti categorie merceologiche considerate, è stata effettuata facendo riferimento ad un modello di regressione lineare multipla ed utilizzando il metodo dei minimi quadrati per la stima dei parametri incogniti.

Il metodo dei minimi quadrati ha la proprietà di rendere minima la somma dei quadrati delle differenze tra i valori osservati ed i corrispondenti valori teorici forniti dal modello del quale si vogliono valutare i parametri. In generale il metodo può essere applicato a partire dall'ipotesi che l' i -esima variabile dipendente sia esprimibile come somma di una componente deterministica e di una aleatoria:

$$y_i = \beta_1 \cdot x_{1i} + \beta_2 \cdot x_{2i} + \beta_3 \cdot x_{3i} + \dots + \beta_k \cdot x_{ki} + \varepsilon_i$$

dove:

- y_i = i -esima variabile dipendente;
- x_{ki} = variabili indipendenti relative all' i -esima osservazione;
- ε_i = residuo associato all' i -esima osservazione;
- β_k = parametri da stimare.

In forma matriciale si può scrivere:

$$\underline{y} = X \cdot \underline{\beta} + \underline{\varepsilon}$$

con \underline{y} vettore delle variabili dipendenti, X matrice delle variabili indipendenti, $\underline{\beta}$ vettore dei parametri e $\underline{\varepsilon}$ vettore dei residui. Quindi si sceglie il vettore $\underline{\beta}_{OLS}$ che minimizza la somma dei quadrati degli scarti tra i valori osservati di \underline{y} e i valori teorici $X \cdot \underline{\beta}$ ottenuti da modello. In particolare si dimostra che:

$$\underline{\beta}_{OLS} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot \underline{y}$$

Si devono stimare $k+1$ parametri in modo tale da minimizzare la differenza tra il valore osservato y_i e il valore stimato y'_i dal modello di regressione; minore è questa differenza migliore è l'adattamento ai dati da parte del modello.

I risultati di calibrazione sono riportati nella tabella 3.

Tabella 3: Risultati della calibrazione

Tipologia merce	α	β_1	β_2	β_3
Cereali	-13,97	0,82	0,39	-1,04
Carne e pesce	-16,76	0,78	0,56	-1,04
Latte e uova	-18,77	0,98	0,45	-1,13
Agricoli	-27,43	1,14	0,70	-1,25
Agroalimentari	-22,85	1,20	0,42	-1,20

Analizzando i dati ottenuti e confrontando i valori dei parametri si può affermare che nell'area Euro-Mediterranea per le categorie merceologiche considerate si è in presenza del cosiddetto *home market effect* (infatti per tutti i casi considerati si verifica che $\beta_1 > \beta_2$) ovvero l'offerta commerciale prodotta dai paesi che si affacciano sul Mediterraneo supera, in generale, la domanda interna con un'accentuazione dei flussi in export.

È possibile inoltre osservare che la distanza intermodale pesa in modo determinante sullo sviluppo delle relazioni commerciali tra i paesi considerati; infatti il parametro β_3 assume valori superiori all'unità, a dimostrazione che il raddoppio della distanza corrisponde ad un dimezzamento dei flussi commerciali di esportazione tra i paesi esaminati.

Infine i valori assunti dal parametro α permettono di tener conto di una serie di fattori che ostacolano il commercio e non sono considerati esplicitamente nel modello come le condizioni politiche e sociali, la presenza di guerre, etc.

3.4 Verifica

Per la verifica dei modelli ottenuti, in prima battuta, si è proceduto alla valutazione del coefficiente di determinazione R^2 , del coefficiente di determinazione multiplo R_m (pari alla radice quadrata di R^2) e del coefficiente di determinazione corretto R^2_c (ottenuto normalizzando R^2 tenendo conto dei gradi di libertà del modello, ovvero del numero di unità statistiche e del numero di variabili). Nella tabella 4 sono riportati i valori ottenuti per i modelli calibrati con riferimento alla differente tipologia di merce considerata.

Tabella 4: Statistica delle regressioni

Tipologia di merce	Osservazioni	R^2	R_m	R^2_c	Errore standard
Cereali	115	0,162	0,402	0,139	2,906
Carne e pesce	146	0,233	0,482	0,216	2,463
Latte e uova	150	0,321	0,567	0,307	2,482
Agricoli	203	0,583	0,764	0,577	1,754
Agroalimentari	185	0,537	0,732	0,529	1,911

Si può osservare come il modello di regressione lineare multiplo proposto è in grado di riprodurre abbastanza bene i valori osservati nel caso di prodotti agricoli e agro-alimentari con valori di R multiplo prossimi a 0,8 con corrispondenti valori di R^2 prossimi a 0,6. È possibile quindi affermare, in questi due casi, che esiste una buona porzione di variabilità del flusso in export spiegata dalle variabili esplicative PIL paese esportatore, PIL paese importatore e distanza intermodale temporale attraverso il modello di regressione con una buona correlazione lineare tra i valori osservati del flusso (F_{ij}) ed i corrispondenti valori stimati (F_{ij}^s).

I modelli relativi a cereali, carne/pesce e latte/uova mostrano, invece, valori non apprezzabili di R^2 ed R multiplo.

Successivamente, si è proceduto all'analisi del grafico dei residui rispetto alle tre variabili esplicative e del grafico dei residui rispetto al valore stimato della variabile risposta. A titolo esemplificativo si riportano nella figura 3 i grafici dei residui per la categoria di prodotti agro-alimentari.

In generale si è potuto osservare che i grafici non rivelano la presenza di un andamento "riconoscibile" dei residui rispetto alle variabili indipendenti ed alla variabile dipendente stimata, pertanto il modello di regressione multipla appare adeguato per la previsione dei flussi commerciali di cereali, carne/pesce, prodotti agricoli ed agroalimentari nell'area Euro-Mediterranea. Un andamento riconoscibile dei residui avrebbe fornito la prova di un legame di tipo non lineare tra almeno una delle variabili esplicative e la variabile dipendente e/o suggerito la necessità di una trasformazione della variabile dipendente o delle variabili esplicative.

Valutata l'adeguatezza del modello di regressione lineare multipla adottato, attraverso il test F , si è proceduto alla verifica della presenza di una relazione significativa tra la variabile dipendente e l'insieme delle variabili esplicative. Nello specifico l'ipotesi nulla e quella alternativa sono così specificate:

- $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_k = 0$ (non vi è alcuna relazione lineare tra la variabile dipendente e le variabili indipendenti);

- $H_1: \beta_k \neq 0$ (vi è una relazione lineare tra la variabile dipendente ed almeno una delle variabili indipendenti).

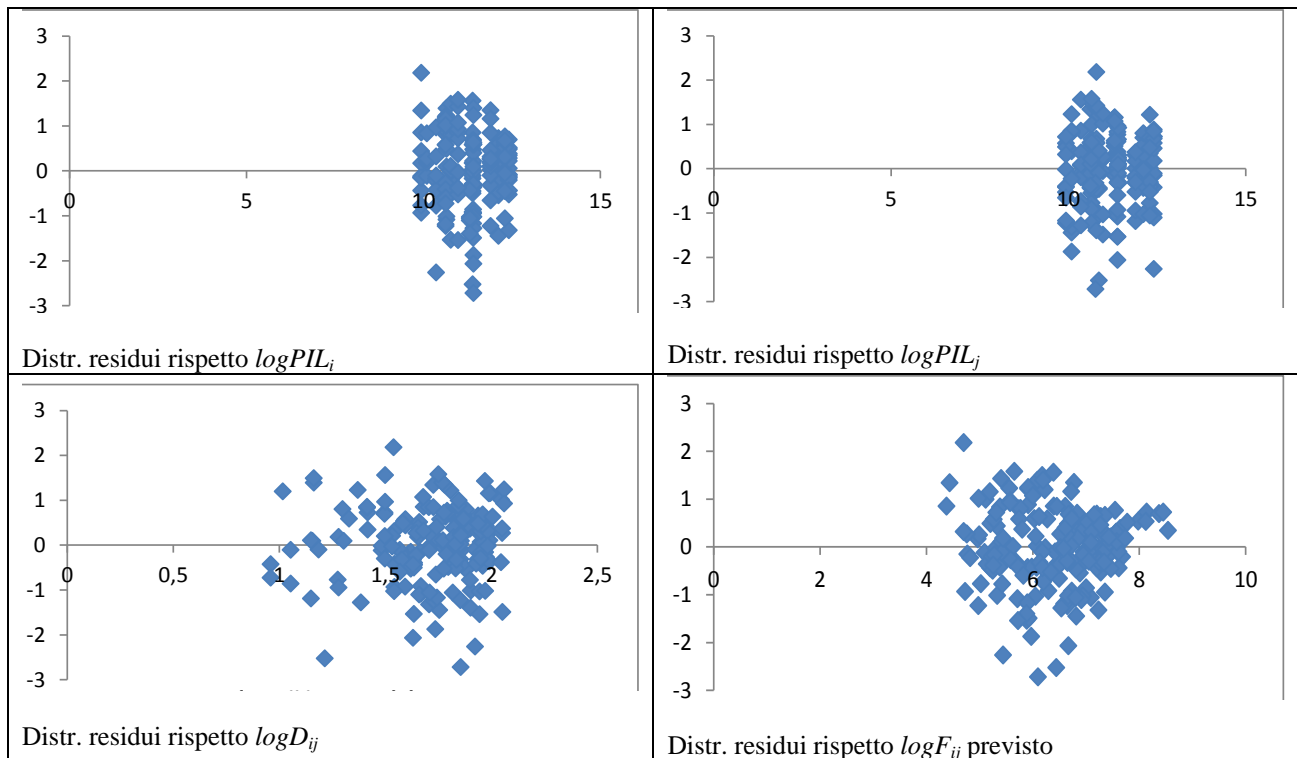


Figura 3: Grafici dei residui – Prodotti agro-alimentari

Pertanto la statistica F è definita come il rapporto tra la media dei quadrati delle regressioni (MQR) e la media dei quadrati dell'errore (MQE):

$$F = \frac{MQR}{MQE}$$

Se $F > F_c$ (valore critico della distribuzione) l'ipotesi H_0 va rifiutata ovvero si può affermare che esiste una relazione lineare tra la variabile risposta e le variabili esplicative. La tabella 5 riporta i risultati del test F per i modelli di regressione calibrati.

Tabella 5: Risultati del test F sulle regressioni

Tipologia di merce	F	F_c
Cereali	7,15	$1,94 \cdot 10^{-04}$
Carne e pesce	14,38	$3,11 \cdot 10^{-08}$
Latte e uova	23,04	$2,87 \cdot 10^{-12}$
Agricoli	93,06	$1,13 \cdot 10^{-37}$
Agro-alimentari	69,95	$4,39 \cdot 10^{-30}$

Poiché in tutti i casi esaminati $F \gg F_c$ possiamo rifiutare l'ipotesi H_0 ed affermare che esiste una relazione lineare tra almeno una variabile esplicativa (PIL paese esportatore, PIL paese importatore, distanza intermodale tra i due paesi) e il flusso in export tra i paesi i e j (F_{ij}).

Al fine si stabilire se la generica variabile indipendente x_k introdotta nel modello, tenuto conto delle altre variabili indipendenti, abbia un effetto significativo sulla determinazione del flusso in export tra due paesi appartenenti all'area Euro-Mediterranea, è stato condotto il test *t-Student*.

In tal caso l'ipotesi nulla e quella alternativa sono:

- $H_0 : \beta_k = 0$ (non vi è una relazione significativa tra la variabile x_k e le variabili dipendente);
- $H_1 : \beta_k \neq 0$ (vi è una relazione significativa tra la variabile x_k e le variabili dipendente).

Pertanto la statistica t è definita come il rapporto tra l'inclinazione di y rispetto alla variabile x_k tenendo costanti le altre variabili (b_k) e l'errore standard del coefficiente di regressione β_k (S_k):

$$t = \frac{b_k}{S_k}$$

Se $t > t_c$ (valore critico della distribuzione) l'ipotesi H_0 deve essere rifiutata. Nella tabella 6 sono riportati i risultati del test per i casi considerati.

Tabella 6: Analisi di varianza dei parametri

Tipologia merce	Parametri	S_k	t	t_c
Cereali	α	6,722	-2,08	$4,00 \cdot 10^{-02}$
	β_1	0,188	4,40	$2,48 \cdot 10^{-05}$
	β_2	0,169	2,34	$2,12 \cdot 10^{-02}$
	β_3	0,513	-2,03	$4,45 \cdot 10^{-02}$
Carne e pesce	α	5,117	-3,27	$1,32 \cdot 10^{-03}$
	β_1	0,133	5,88	$2,73 \cdot 10^{-08}$
	β_2	0,125	4,48	$1,49 \cdot 10^{-05}$
	β_3	0,377	-2,76	$6,51 \cdot 10^{-03}$
Latte e uova	α	4,675	-4,02	$9,47 \cdot 10^{-05}$
	β_1	0,123	7,98	$3,89 \cdot 10^{-13}$
	β_2	0,123	3,63	$3,97 \cdot 10^{-04}$
	β_3	0,361	-3,13	$2,14 \cdot 10^{-03}$
Agricoli	α	2,840	-9,65	$2,53 \cdot 10^{-18}$
	β_1	0,076	15,08	$8,84 \cdot 10^{-35}$
	β_2	0,075	9,36	$1,69 \cdot 10^{-17}$
	β_3	0,235	-5,58	$7,65 \cdot 10^{-08}$
Agro-alimentari	α	3,237	-7,06	$3,42 \cdot 10^{-11}$
	β_1	0,084	14,28	$1,71 \cdot 10^{-31}$
	β_2	0,085	4,99	$1,40 \cdot 10^{-06}$
	β_3	0,263	-4,57	$9,00 \cdot 10^{-06}$

Dai dati ottenuti, per tutte le tipologie di merce in esame, emerge che la variabile distanza intermodale ed il termine noto, tenuto conto delle altre variabili indipendenti del problema, non si relazionano in maniera significativa con la variabile risposta ovvero con il flusso in export.

4. Analisi di scenario

Il modello calibrato può essere utile per effettuare valutazioni di scenario circa l'evoluzione dei flussi commerciali nell'area Euro-Mediterranea al variare delle variabili caratteristiche del modello stesso.

Il modello gravitazionale assume che uno dei principali fattori che influenzano il commercio sia la dimensione economica di un Paese che è direttamente correlata al volume di importazioni ed esportazioni: Paesi economicamente “più forti” da un lato producono più beni e servizi e quindi possono vendere di più sul mercato estero, dall'altro generano più reddito e quindi i loro abitanti sono in grado di importare di più. In ragione di ciò, con riferimento alle categorie di prodotto agricoli ed agro-alimentari, si è prefigurato uno scenario nell'ipotesi che la potenzialità economica (PIL) dei paesi localizzati sulla sponda Sud del Mediterraneo (Algeria, Cipro, Egitto, Israele, Libano, Libia, Marocco, Siria, Tunisia, Turchia) goda di un incremento del 15% rispetto al valore attuale. I risultati ottenuti ed il confronto con lo scenario 0 (stato attuale) sono riportati nelle figure 4 e 5 rispettivamente in termini di importazioni ed esportazioni.

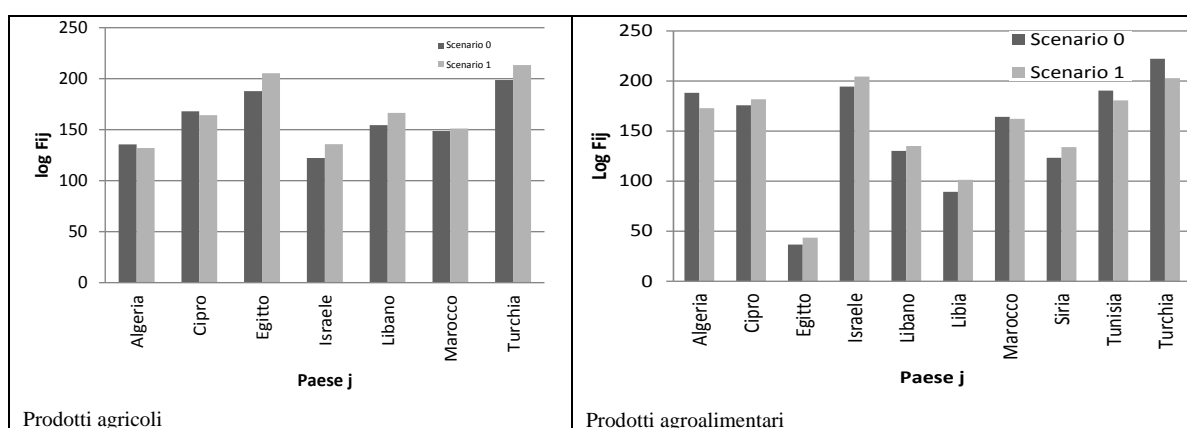


Figura 4: Analisi di scenario – Flussi in import

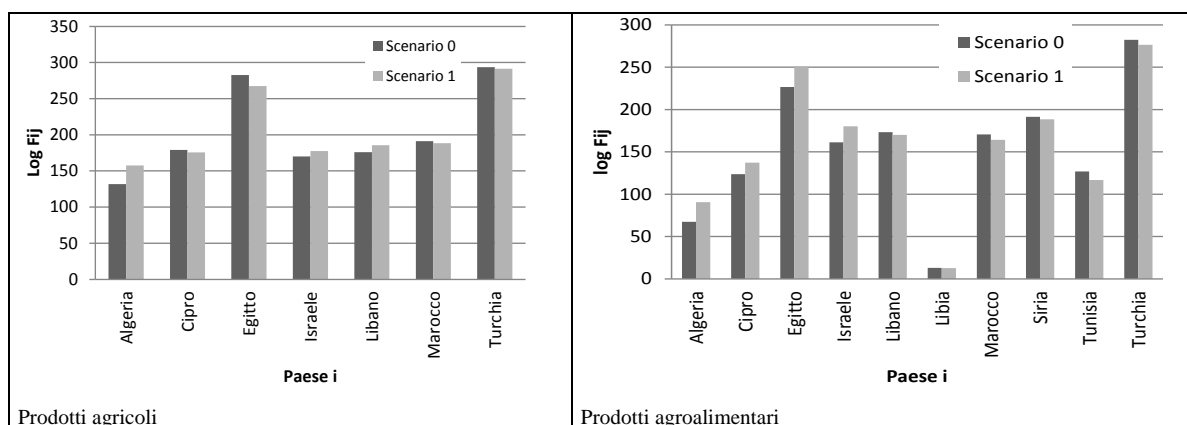


Figura 5: Analisi di scenario – Flussi in export

Con riferimento ai prodotti agricoli si può osservare che l'aumento del PIL dei paesi della sponda Sud del Mediterraneo genera un aumento delle importazioni (in media +7,4%) eccezion fatta per Algeria e Cipro, paesi per i quali i flussi in import di prodotti agricoli rimangono pressoché invariati rispetto allo stato attuale. L'aumento del PIL genera inoltre un aumento, anche se non marcato, delle esportazioni dei prodotti agricoli.

Per ciò che concerne i prodotti agro-alimentari, si può osservare un aumento dei flussi in import (in media +8,8%) ed in export (in media + 17%) per la maggior parte dei paesi considerati.

Occorre considerare che le economie dei paesi della sponda Sud del Mediterraneo non hanno una vocazione prevalentemente agricola, ma sono paesi che per lo più producono e commercializzano prodotti

petroliferi e loro derivati. Nell'insieme dunque si registra un incremento dei traffici verso i paesi nord africani con un riequilibrio dei flussi si import ed export rispetto allo stato attuale.

5. Conclusioni

La nota focalizza l'attenzione sui flussi commerciali nell'area Euro-Mediterranea. Obiettivo specifico della ricerca è stato quello di analizzare a livello quantitativo l'entità dei traffici commerciali all'interno del bacino del Mediterraneo tra i paesi che vi si affacciano. A tal fine attraverso l'utilizzo di dati provenienti da diverse fonti si è proceduto alla costruzione dei profili commerciali di ciascun paese, concentrandosi con particolare attenzione sui flussi import/export di cinque categorie merceologiche (cereali, carne e pesce, latte e uova, prodotti agro-alimentari e prodotti agricoli). Nel dettaglio lo scambio di esportazione all'interno dell'area è stato valutato attraverso la composizione di opportune matrici Origine/Destinazione.

I dati raccolti, sistematizzati, filtrati ed opportunamente organizzati in un data base sintetico, modulare e potenzialmente aggiornabile sono stati utilizzati per la specificazione, calibrazione e validazione di un modello gravitazionale log-lineare utile per la stima dei traffici commerciali nell'area Euro-Mediterranea.

Il modello gravitazionale si è dimostrato attendibile nel predire i flussi di commercio effettivi, i risultati hanno mostrato un buon adattamento del modello ai dati di uso commerciale di scambio tra i Paesi dell'area Euro-Mediterranea, confermando l'importanza delle variabili utilizzate nella fase di specificazione dello stesso (PILPIL e distanza).

6. Bibliografia

- Bergstrand, J.H. (1985) The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence, *Review of Economics & Statistics*, Vol. 67, 474-481
- Carrere, C. (2006) Revisiting the effects of regional trade agreements on trade flows with proper specification of the gravity model. *European Economic Review*, 50, 223-247.
- Cascetta, E. (2009) Transportation systems analysis.
- Egger, P. (2004) Estimating Regional Trading Bloc Effects with Panel Data. *Review of World Economics*, Vol. 140 (1), 151-166.
- Feenstra, R.C., Markusen, J.R., Rose, A.K. (2001) Using the gravity equation to differentiate among alternative theories of trade. *Canadian Journal of Economics*, 34:2, 430-447.
- Head K., Mayer T. (2000) Non-Europe: The Magnitude and Causes of Market Fragmentation in Europe, *Weltwirtschaftliches Archiv* 136(2):285--314, 2000.
- Kepaptsoglou, K., Tsamboulas, D., Karlaftis, M., Marzano, V., (2009). Free Trade Agreement Effects in the Mediterranean Region: An Analytic Approach Based on SURE Gravity Model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2097, pp 88-96.
- Linneman, H. (1966) The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence. *The Review of Economics and Statistics*, 67(3), 474-481.
- Porojan, A. (2001) Trade Flows and Spatial Effects: The Gravity Model Revisited. *Open economies review*, 12: 265-280.
- Pulliainen, K. (1963) A World Trade Study: An Econometric Model of the Pattern of Commodity Flows of International Trade in 1948-60. *Economiska Samfundets Tidskrift* 16, 78-91
- Timbergen, J. (1962). *Shaping the World Economy*, Twentieth Century Fund, New York.