

A RANDOM UTILITY MODEL WITH LATENT VARIABLES TO SIMULATE THE
CHOICE BEHAVIOUR OF FREIGHT TRANSPORT OPERATORS. AN APPLICATION
TO THE SICILIAN CONTEXT

Angela S. BERGANTINO¹, Mario CATALANO², Michel BIERLAIRE³, Salvatore
AMOROSO⁴, Marco MIGLIORE⁵

SOMMARIO

Questa memoria illustra alcuni risultati di un lavoro di ricerca in corso di svolgimento, che mira a sviluppare modelli econometrici per simulare il comportamento di scelta degli operatori del trasporto merci “su strada” in Sicilia, in modo da poter ottenere elementi conoscitivi utili alla pianificazione in ambito regionale di interventi per migliorare i livelli di efficienza e sostenibilità ambientale del settore. In particolare, s’intende analizzare gli effetti di politiche volte alla promozione del trasporto combinato strada-mare e alla realizzazione di piattaforme logistiche per accrescere i fattori di carico dell’autotrasporto. A tal fine, è stato sviluppato un modello di utilità aleatoria del tipo *mixed logit*, che assume eterogeneità per l’utilità marginale del tempo di viaggio, e sono state condotte le analisi preliminari utili al perfezionamento di tale modello tramite l’integrazione di variabili latenti relative alla percezione dell’importanza di alcuni rilevanti attributi di scelta: tempo di viaggio, costo monetario del trasporto, rischio di ritardo, rischio di danni alla merce, frequenza del servizio.

¹ Dipartimento di Scienze Economiche, Università di Bari, Via Camillo Rosalba 53, 70124, Bari, e-mail: a.bergantino@dse.uniba.it; abergan@tin.it.

² Dipartimento d’Ingegneria dei Trasporti, Università di Palermo, Viale delle Scienze, 90128, Palermo, e-mail: catalano@ditra.unipa.it.

³ Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1015 Lausanne, e-mail: michel.bierlaire@epfl.ch.

⁴ Dipartimento d’Ingegneria dei Trasporti, Università di Palermo, Viale delle Scienze, 90128, Palermo, e-mail: amoroso@unipa.it.

⁵ Dipartimento d’Ingegneria dei Trasporti, Università di Palermo, Viale delle Scienze, 90128, Palermo, e-mail: migliore@ditra.unipa.it.

1 Introduzione

Negli ultimi decenni, alla crescita della domanda di trasporto merci è corrisposto un crescente impiego della modalità “tutto strada” per lo svolgimento delle spedizioni, con la conseguenza di amplificare la congestione della rete stradale al servizio degli spostamenti sia urbani sia extraurbani, peggiorando così i livelli di efficienza e sostenibilità ambientale del trasporto delle merci. Per fronteggiare tale problematica, i Paesi dell’Unione Europea hanno individuato nella promozione del trasporto intermodale strada-mare una soluzione efficace, da perseguire attraverso l’elaborazione di documenti di pianificazione su scala comunitaria (libro bianco sui trasporti del 2001 e libro verde sulla politica del trasporto marittimo del 2006) e misure di politica degli incentivi come i progetti Marco Polo I e II.

Nonostante, in Sicilia, da un punto di vista geografico, il trasporto combinato strada-mare sia potenzialmente il più competitivo per il trasporto delle merci verso i distanti mercati di sbocco del Centro-Nord Italia e dell’Estero, tale forma di intermodalità non si è sviluppata significativamente, principalmente a causa della “debolezza” strutturale del sistema regionale delle infrastrutture portuali. Infatti, i più importanti porti dell’isola sono “soffocati” dai centri urbani circostanti, con la conseguenza di scarsi livelli di accessibilità e mancanza di spazi per lo sviluppo delle attività legate alla logistica. È opportuno, altresì, sottolineare i bassi livelli di specializzazione dell’offerta di servizi di trasporto strada-mare Ro/Ro, che si basa su strutture e navi indirizzate sia al traffico passeggeri sia a quello merci, a causa della scarsa entità del traffico merci, dello sbilanciamento dei flussi e della presenza di tali servizi in vari porti con le stesse funzioni.

Anche il settore del trasporto merci “su strada” è caratterizzato da condizioni critiche: infatti, la frammentazione dell’offerta ha determinato uno scenario dominato dalla figura della piccola impresa, che opera in condizioni di scarsa efficienza (bassi fattori di carico ed elevata incidenza dei ritorni a vuoto) e bassa propensione all’innovazione tecnologica, stipulando raramente contratti di lunga durata, che favoriscono l’organizzazione efficiente del servizio (Regione Siciliana, 2003).

Pertanto, la ricerca in esame ha l’obiettivo di sviluppare strumenti analitici di supporto alla politica regionale in favore del trasporto intermodale delle merci, con particolare riferimento al trasporto strada-mare Ro/Ro e alla realizzazione di autoporti, ossia terminali logistici in cui, attraverso il consolidamento delle spedizioni, si possa operare la crescita dei fattori di carico dell’autotrasporto, oltre ad offrire servizi ad elevato valore aggiunto come il controllo di qualità della merce, servizi di info-mobilità, etc.

Più in dettaglio, la ricerca ha lo scopo di confrontare diversi approcci alla modellazione del comportamento di scelta delle imprese di trasporto merci “su strada”, attraverso la determinazione della disponibilità a pagare per ridurre i tempi di viaggio, delle elasticità delle

scelte rispetto alle variabili esplicative e degli indici statistici che misurano la capacità di un modello di riprodurre le osservazioni impiegate per la sua stima.

Questo articolo, al paragrafo 2, mette in luce il background scientifico dell'attività di ricerca descritta, facendo riferimento ai principali lavori sul tema presenti in letteratura; al paragrafo 3, illustra l'indagine che è stata effettuata per ottenere le osservazioni su cui basare le stime dei modelli di scelta; al paragrafo 4, presenta i primi risultati dell'attività di sviluppo di un modello in grado di cogliere la complessità del comportamento di scelta delle imprese siciliane di autotrasporto merci; al paragrafo 5, mostra i risultati delle analisi preliminari utili al perfezionamento del suddetto modello tramite l'integrazione di variabili latenti; al paragrafo 6, delinea le prospettive di avanzamento della ricerca; infine, al paragrafo 7, elenca i riferimenti bibliografici dei lavori citati.

2 Background

Questo lavoro di ricerca si basa sulla letteratura scientifica relativa alla modellazione della domanda di trasporto tramite la teoria dell'utilità aleatoria, che rappresenta uno dei più consolidati approcci alla stima della funzione di domanda nel caso di contesti di scelta discreta (Ben Akiva e Lerman, 1985; Domencich e McFadden, 1975). Di recente, la ricerca in tema di analisi delle scelte discrete ha realizzato importanti progressi, che hanno condotto a metodi più avanzati, in grado di cogliere meglio la complessità delle dinamiche decisionali individuali. A tal proposito, è opportuno segnalare, in particolare, il modello *mixed logit*, che assume natura aleatoria per uno o più parametri delle funzioni di utilità (McFadden e Train, 2000). In dettaglio, il *mixed logit* consente di tener conto, nella modellazione della domanda, dell'eterogeneità delle preferenze, della correlazione tra le alternative, tra i coefficienti delle variabili esplicative e tra le preferenze di un medesimo soggetto, che si manifestino in diversi istanti del tempo (dati *panel*) o in differenti contesti di scelta (dati *stated preference*).

In un modello di scelta discreta, l'utilità percepita da un decisore n , per la generica alternativa j , in relazione ad un contesto di scelta s , può essere rappresentata dalla seguente funzione lineare:

$$U_{njs} = \beta_n \cdot x_{njs} + \varepsilon_{njs} \quad (1)$$

dove:

x_{njs} è il vettore delle variabili indipendenti (attributi delle alternative e caratteristiche socio-economiche del decisore);

β_n è il vettore dei coefficienti delle variabili indipendenti;

ε_{njs} è un termine aleatorio, distribuito come una variabile di Gumbel con media nulla.

Al fine di rappresentare l'eterogeneità delle preferenze, l'utilità dell'alternativa j , espressa dalla precedente espressione, si specifica assumendo che il vettore dei coefficienti β_n vari nell'ambito della popolazione di riferimento con densità di probabilità $f(\beta_n/\theta)$, dove θ rappresenta media e matrice varianza-covarianza del vettore aleatorio. Diverse funzioni di densità possono essere adottate: le distribuzioni normali, log-normali, triangolari e uniformi sono le più diffuse.

Per un dato valore di β_n , la probabilità condizionata (da β_n) che un rispondente scelga l'alternativa j , nel contesto di scelta s , può essere espressa tramite la formulazione *logit multinomiale* standard:

$$L_{njs}(\beta_n) = \frac{\exp(\beta_n' \cdot x_{njs})}{\sum_{j=1}^J \exp(\beta_n' \cdot x_{njs})} \quad (2)$$

Poiché si è ipotizzato che β_n sia un vettore aleatorio, la probabilità di scelta incondizionata è l'integrale della probabilità $L_{njs}(\beta_n)$, in relazione a tutti i possibili valori di β_n , con pesi pari ai diversi valori assunti dalla funzione di densità di probabilità $f(\beta_n/\theta)$:

$$P_{njs} = \int L_{njs}(\beta_n) \cdot f(\beta_n|\theta) \cdot d\beta_n \quad (3)$$

La probabilità espressa dalla precedente relazione non ha forma chiusa, per cui deve essere approssimata con metodi di simulazione, effettuando estrazioni dalla densità di probabilità $f(\beta_n/\theta)$ e calcolando la media dei valori di probabilità di scelta che ne derivano; sulla base di tale approccio, è possibile ottenere la stima di massima verosimiglianza del vettore di parametri θ che caratterizza la distribuzione di probabilità di β_n (*metodo della massima verosimiglianza simulata*).

Un'altro promettente filone di ricerca nel campo dei modelli di utilità aleatoria, che ha ispirato il lavoro descritto in questo articolo, riguarda la possibilità di integrare nel modello di scelta delle variabili latenti, ovvero fattori in grado di cogliere l'influenza sulle scelte di alcuni aspetti dei processi cognitivi individuali come percezioni, conoscenze, orientamenti, etc. (Walker, 2001). Ci si riferisce a modelli ibridi costituiti da due parti fondamentali (Fig. 1):

- una di queste rappresenta le note relazioni di un modello a scelta discreta, in cui delle equazioni strutturali mettono in luce l'influenza di variabili esplicative relative al decisore e alle alternative sull'utilità percepita di quest'ultime (funzioni di utilità) ed indicatori di scelta rivelano le preferenze dei decisori, considerabili delle vere e proprie variabili latenti;

- l'altra parte del modello ibrido è caratterizzata da equazioni strutturali che esprimono l'influenza di variabili latenti sulle preferenze individuali⁶, da un lato, e il ruolo delle caratteristiche dei decisori (variabili socio-economiche) nelle dinamiche interiori che formano le variabili latenti, dall'altro. Inoltre, sono presenti relazioni tra i fattori latenti e gli indicatori psicometrici che ne forniscono una manifestazione, derivando da risposte a quesiti volti a far emergere conoscenze, valori, percezioni, ... dei soggetti intervistati.

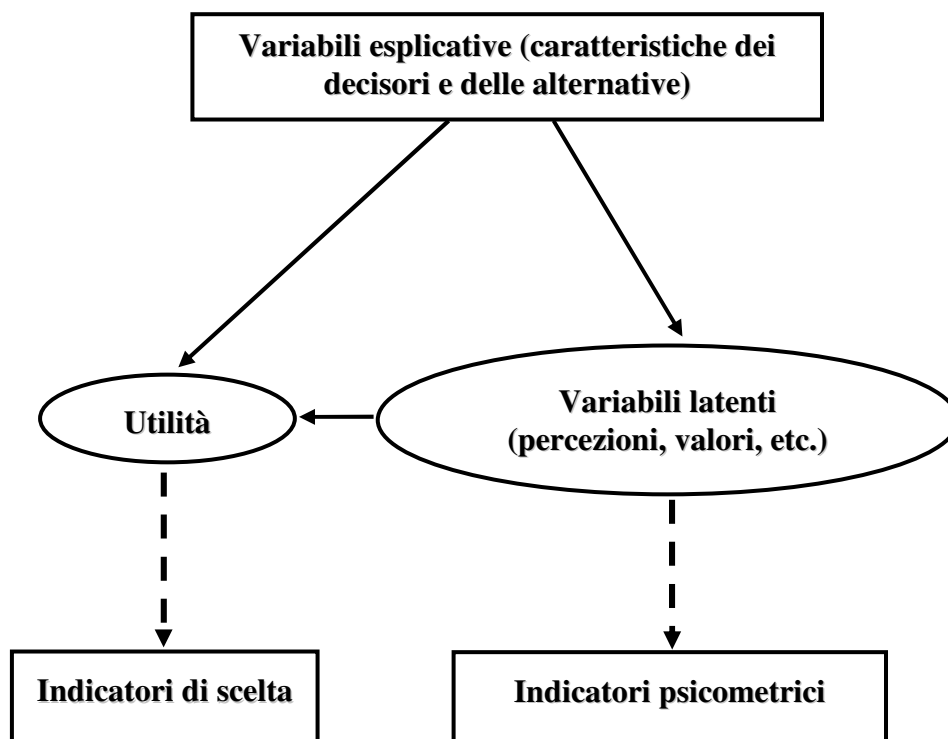


Figura 1 – Struttura di un modello a scelta discreta integrato con variabili latenti

3 L'indagine sulle preferenze dichiarate degli operatori del trasporto merci "su strada" in Sicilia

L'indagine, che ha prodotto le osservazioni per la stima dei modelli di scelta, ha coinvolto 90 imprese di autotrasporto merci siciliane, alle quali è stato proposto un questionario costituito da 4 parti.

Nella prima sezione, si chiede al rispondente di descrivere la sua spedizione tipica: coppia origine-destinazione, tipo di merce, dimensione del carico in tonnellate. Inoltre, si richiede di

⁶ Ad esempio, nel caso della scelta tra auto privata e trasporto collettivo per gli spostamenti in ambito extraurbano, fattori latenti possono essere rappresentati dall'importanza percepita di attributi come il comfort, l'affidabilità dell'orario di arrivo, la possibilità di scegliere con flessibilità l'orario della partenza, la possibilità di viaggiare comodamente con bambini o bagagli al seguito, la sicurezza (Morikawa, Ben-Akiva e McFadden, 1996).

descrivere l'insieme di scelta attuale, costituito dalle alternative “tutto strada” e strada-mare Ro/Ro, indicando per ciascuna il valore dei seguenti attributi di scelta: costo, tempo di viaggio, percentuale di spedizioni in ritardo, percentuale di spedizioni caratterizzate da danni alla merce o ammanchi, frequenza del servizio.

La seconda sezione del questionario contiene un'indagine sulle preferenze dichiarate (Louviere, Hensher e Swait, 2000), in cui si propongono 8 scenari ipotetici di scelta tra le seguenti modalità di trasporto: “tutto strada”, “tutto strada” avvalendosi dei servizi di un terminale logistico (autoporto), strada-mare Ro/Ro. Questi scenari sono stati elaborati selezionando il modo “tutto strada” come opzione di riferimento e considerando per le due alternative rimanenti due attributi bilivello (Tab. 1):

- la differenza nel costo monetario (%), rispetto alla modalità “tutto strada” attuale (ΔC_{TL} e $\Delta C_{Ro/Ro}$)
- la differenza nel tempo di viaggio (%), rispetto alla modalità “tutto strada” attuale (ΔT_{TL} e $\Delta T_{Ro/Ro}$).

Si è potuto così limitare la dimensione del piano fattoriale completo a 16 esercizi di scelta (2, il numero dei livelli, elevato a 4, il numero degli attributi); l'applicazione della tecnica di parzializzazione del piano fattoriale nota in letteratura come “block design” ha consentito la creazione di due blocchi di 8 scenari ipotetici di scelta da sottoporre a due diversi gruppi di imprese del campione (si veda Tab. 2 per un esempio di scenario di scelta).

È opportuno ancora mettere in evidenza che i livelli degli attributi di scelta sono stati determinati sulla base di un'indagine su scala nazionale riguardante gli autoporti esistenti e dell'analisi comparativa dei modi “tutto strada” e strada-mare Ro/Ro in relazione ad un campione di collegamenti tra la Sicilia ed il resto del Paese.

Tabella 1 – I livelli degli attributi di scelta per l'esperimento Stated Preference

	ΔT_{TL}	ΔC_{TL}	$\Delta T_{Ro/Ro}$	$\Delta C_{Ro/Ro}$
Livelli	+ 20 %	- 25 %	+18 %	- 28 %
	+ 15 %	- 30 %	+ 5 %	- 40 %

Tabella 2 – Esempio di scenario ipotetico di scelta

Attributi	Alternative di scelta		
	Tutto Strada	Autoporto	Strada-Mare Ro/Ro
Tempo di viaggio (ore)	attuale	+ 15%	+ 18%
Costo del trasporto (euro)	attuale	- 30%	- 40%

La terza parte del questionario è finalizzata ad acquisire informazioni sulla quantità e sulle caratteristiche del parco veicolare e delle attrezzature per la logistica.

La sezione finale chiede al rispondente di valutare, utilizzando una scala semantica a 5 livelli (1 = non importante, ..., 5 = molto importante), alcuni rilevanti attributi di scelta: tempo di viaggio, costo monetario del trasporto, rischio di ritardo, rischio di danni alla merce, frequenza del servizio.

4 Specificazione e stima di un modello di utilità aleatoria per simulare il comportamento di scelta degli operatori siciliani del trasporto merci “su strada”

La modellazione del comportamento di scelta degli operatori siciliani del trasporto merci “su strada” ha preso le mosse dalla stima di un *logit multinomiale*, che è stato impiegato come elemento di raffronto per verificare attraverso test statistici l’opportunità di specificazioni più complesse. Ci si riferisce, in particolare, a forme funzionali *mixed logit* in cui, attraverso l’inserimento di componenti aleatori, si rappresentano l’eterogeneità delle preferenze dei decisori e le correlazioni tra le alternative di scelta.

Le stime sono state effettuate utilizzando il software per lo sviluppo di modelli a scelta discreta (Generalized Extreme Value models) BIOGEME 1.8 (Bierlaire, 2008).

4.1 Il modello logit multinomiale

Nel modello *logit multinomiale*, oltre agli attributi tempo e costo, è stata inserita, specificamente nelle funzioni di utilità delle alternative modali terrestri, una variabile *dummy* (*Deperibile*) che vale 1 se la merce trasportata usualmente dal decisore è deperibile, 0 altrimenti.

$$U_{Strada}^n = \beta_T \cdot Tempo_{Strada}^n + \beta_C \cdot Costo_{Strada}^n + \beta_{Dep}^{Strada} \cdot Dep^n + \beta_{Strada} + \varepsilon_{Strada}^n \quad (4)$$

$$U_{TL}^{ns} = \beta_T \cdot Tempo_{TL}^{ns} + \beta_C \cdot Costo_{TL}^{ns} + \beta_{Dep}^{TL} \cdot Dep^n + \beta_{TL} + \varepsilon_{TL}^{ns} \quad (5)$$

$$U_{Ro/Ro}^{ns} = \beta_T \cdot Tempo_{Ro/Ro}^{ns} + \beta_C \cdot Costo_{Ro/Ro}^{ns} + \varepsilon_{Ro/Ro}^{ns} \quad (6)$$

Dove,

U_j^{ns}	utilità dell’alternativa j , percepita dall’operatore n nel contesto di scelta s ;
$Tempo_j^{ns}$	tempo di viaggio (ore), se il decisore n sceglie il modo j nello scenario s ;
$Costo_j^{ns}$	costo del trasporto (euro), se il decisore n sceglie il modo j nello scenario s ;

Dep^n	variabile <i>dummy</i> ; vale 1 se la merce trasportata da n è deperibile, 0 altrimenti;
β_j	costante specifica dell'alternativa j ;
ε_j^{ns}	termine aleatorio distribuito come una variabile di Gumbel con media nulla;
$\beta_T, \beta_C, \beta_{Dep}$	coefficienti degli attributi di scelta.

Come si può osservare nella tabella 3, i segni dei vari coefficienti “calibrati” sono quelli attesi e le stime risultano significative; in particolare, i valori stimati dei due parametri relativi alla variabile Dep denotano come gli operatori tendano a preferire *ceteris paribus* una modalità stradale al Ro/Ro (l'opzione rispetto a cui si normalizza), quando l'oggetto della spedizione è merce deperibile. Inoltre, i segni negativi delle costanti specifiche delle alternative indicano che, sotto l'effetto dei vari fattori non osservati e quindi non esplicitati nelle funzioni di utilità, le imprese del campione tendono a preferire il modo Ro/Ro alle alternative terrestri, probabilmente per i più contenuti tempi di guida e i conseguenti minori rischi.

Tabella 3 – Il modello logit multinomiale

Attributi	Coefficienti	Errore Standard	t-test	p-value
<i>Tempo</i> (ore)	-0.0861	0.0223	-3.86	0.00
<i>Costo</i> (euro)	-0.00232	0.000572	-4.05	0.00
Dep_{Strada} (1/0)	1.11	0.265	4.17	0.00
Dep_{TL} (1/0)	0.516	0.265	1.95	0.05
ASA_{Strada}^a	-1.65	0.272	-6.06	0.00
ASA_{TL}	-1.63	0.167	-9.82	0.00

Base dati: 632 osservazioni di scelta

Log likelihood finale: -435.723

Rho-quadro (no coefficients): 0.372

Rho-quadro corretto: 0.364

Valore del tempo: 37.2 €/ora

^a ASA: attributo specifico d'alternativa; vale 1 per l'alternativa cui si riferisce, 0 per le altre.

L'evoluzione verso una specificazione del modello di scelta più complessa, del tipo *mixed logit*, è stata segnata dall'applicazione di due test basati su lavori scientifici di Daniel McFadden (McFadden, Train e Tye, 1976; McFadden e Train, 2000).

4.2 Test sulla validità della proprietà d'indipendenza dalle alternative irrelevanti

Il primo test (McFadden, Train e Tye, 1976) mira a verificare l'ipotesi d'indipendenza statistica delle alternative (o indipendenza dalle alternative irrelevanti), ovvero se vi sia correlazione nell'ambito di un qualche gruppo di opzioni all'interno dell'insieme di scelta. Inizialmente, si stima un *logit multinomiale*; poi, si utilizzano i parametri stimati per calcolare delle variabili ausiliarie da inserire nelle funzioni di utilità delle opzioni che potrebbero essere correlate, proprio per cogliere tale correlazione (*cross-alternative variables*):

$$Z_{in}^{C'_n} = \begin{cases} \hat{V}_{in} - \left(\sum_{j \in C'_n} \hat{V}_{jn} \cdot \hat{P}(j|C_n) \right) / \sum_{j \in C'_n} \hat{P}(j|C_n) & \text{if } i \in C'_n \\ 0 & \text{if } i \notin C'_n \end{cases} \quad (7)$$

Dove,

C_n	insieme di scelta per il decisore n ;
C'_n	gruppo di alternative rispetto alle quali si ipotizza una correlazione;
$Z_{in}^{C'_n}$	variabili ausiliarie da inserire nelle funzioni di utilità delle opzioni di C'_n ;
$\hat{V}_{in(jn)}$	utilità sistematica dell'opzione i (j) basata sui parametri del <i>logit multinomiale</i> ;
$\hat{P}(j C_n)$	probabilità di scelta dell'opzione j basata sui parametri del <i>logit multinomiale</i> .

Infine, si verifica se il modello *logit multinomiale* integrato con le variabili ausiliarie sia migliore della specificazione di base (nel qual caso vale l'ipotesi di correlazione) attraverso un test *LR* (*likelihood ratio*): se vale la proprietà d'indipendenza dalle alternative irrelevanti, la statistica *LR* si distribuisce come una variabile casuale chi-quadro con un grado di libertà.

Nel caso considerato, il test ha messo in luce l'esistenza di correlazione tra le alternative, come si può evincere dalla tabella 4, che mostra i risultati della stima di un modello *logit multinomiale* integrato con variabili artificiali per cogliere la correlazione tra le opzioni "Strada" e "Terminale Logistico". Infatti, la statistica *LR*, calcolata come $-2(LL_R - LL_U)$, dove il secondo termine del prodotto è la differenza nel logaritmo della verosimiglianza tra il modello vincolato (*logit multinomiale*) e quello più generale (*logit multinomiale* con variabili ausiliarie), risulta pari a +36.190, ossia molto superiore al valore critico (3.841) della variabile chi-quadro, nel caso di un livello di confidenza del 95% e un grado di libertà; pertanto, è

possibile rifiutare l'ipotesi nulla che la specificazione corretta sia quella *multinomiale*, che non prevede alcuna forma di correlazione tra le alternative.

Tabella 4 – Il modello logit multinomiale integrato con le variabili ausiliare per verificare la presenza di correlazione tra le alternative “Strada” e “TL”

Attributi	Coefficienti	Errore Standard	t-test	p-value
<i>Tempo</i> (ore)	-0.164	0.0288	-5.70	0.00
<i>Costo</i> (euro)	-0.00471	0.000731	-6.45	0.00
<i>Dep_{Strada}</i> (1/0)	1.65	0.284	5.81	0.00
<i>Dep_{TL}</i> (1/0)	0.0431	0.285	0.15	0.88
<i>ASA_{Strada}</i>	-1.39	0.26	-5.36	0.00
<i>ASA_{TL}</i>	-1.31	0.179	-7.32	0.00
<i>Z^{C'}_{Strada} e Z^{C'}_{TL}</i>^a	-2.36	0.392	-6.01	0.00

Base dati: 632 osservazioni di scelta

Log likelihood finale = -417.628

^a C' = {Strada, Terminale Logistico}

4.3 Test sulla presenza di eterogeneità delle preferenze

Per verificare se l'utilità marginale di qualche variabile esplicativa sia caratterizzata da eterogeneità, si è utilizzato un test che opera attraverso la determinazione di variabili ausiliarie calcolate impiegando i parametri stimati del modello *logit multinomiale* (McFadden e Train, 2000):

$$Z_{ijn} = \frac{1}{2} \cdot (x_{ijn} - x_{iC_n})^2 \text{ con } x_{iC_n} = \sum_{j \in C_n} x_{ijn} \cdot \hat{P}(j|C_n) \quad (8)$$

Dove,

x_{ijn} variabile della funzione di utilità relativa all'alternativa j e al decisore n , rispetto alla quale si ipotizza eterogeneità delle preferenze;

C_n insieme di scelta per il decisore n ;
 $\hat{P}(j|C_n)$ probabilità di scelta dell'opzione j basata sui parametri del *logit multinomiale*.

Come nel caso del test precedente, si stima il modello *logit multinomiale* integrato con le variabili ausiliarie per confrontarlo con la specificazione di base tramite un test *likelihood ratio*, con gradi di libertà pari al numero delle variabili artificiali adottate (McFadden e Train, 2000).

L'applicazione del test ha messo in luce eterogeneità soltanto in riferimento al “peso” del tempo di viaggio (Tab. 5); infatti, la statistica *LR*, per il raffronto tra il modello *logit multinomiale* di base e quello integrato con una variabile artificiale relativa all'attributo tempo, risulta pari +5.580, ossia superiore al valore critico (3.841) della variabile chi-quadro, nel caso di un livello di confidenza del 95% e un grado di libertà; pertanto, è possibile rifiutare l'ipotesi nulla che la specificazione corretta sia quella *multinomiale*, che non prevede alcuna forma di eterogeneità delle preferenze.

Tabella 5 – Il modello logit multinomiale integrato con le variabili ausiliare per verificare la presenza di eterogeneità delle preferenze

Attributi	Coefficienti	Errore Standard	t-test	p-value
<i>Tempo</i> (ore)	-0.114	0.0288	-3.97	0.00
<i>Costo</i> (euro)	-0.00195	0.000578	-3.38	0.00
<i>Dep_{Strada}</i> (1/0)	1.00782	0.266	3.79	0.00
<i>Dep_{TL}</i> (1/0)	0.479	0.266	1.80	0.07
<i>ASA_{Strada}</i>	-1.676	0.273	-6.14	0.00
<i>ASA_{TL}</i>	-1.557	0.167	-9.31	0.00
<i>Z_{Tempoj}</i>	-0.0150	0.00696	-2.15	0.03
Base dati: 632 osservazioni di scelta				
Log likelihood finale = -432.933				

4.4 Specificazione del modello mixed logit

Sulla scorta dei risultati presentati in precedenza, si è specificato e stimato un modello *mixed logit* che coglie l'eterogenea percezione del “peso” del tempo di viaggio sia con un approccio sistematico sia attraverso l'inserimento di una variabile aleatoria. In primo luogo, è stata esplicitata una relazione tra una parte del coefficiente del tempo e la dimensione dell'operatore, espressa attraverso una variabile categoriale (*Dim*), che vale 0 se la somma tra i veicoli e le unità di carico (casce mobili, container, altre) a disposizione dell'impresa è inferiore o uguale a 20, 1 altrimenti. In secondo luogo, si è introdotta un'altra componente del coefficiente del tempo pari alla somma tra una costante e una variabile casuale, che non dipende dallo scenario ipotetico di scelta, in modo da tenere conto della correlazione intrinseca tra le osservazioni che riguardano lo stesso rispondente.

Inoltre, il *mixed logit* in esame “cattura” una duplice forma di correlazione tra le alternative: la correlazione tra “Strada” e “Terminale Logistico”, che sono modalità terrestri, e la correlazione tra “Terminale Logistico” e “Ro-Ro”, dovuta alla comune caratteristica di ridurre i costi unitari di trasporto attraverso operazioni di *transshipment*. Tale risultato è stato conseguito tramite l'inserimento nelle funzioni di utilità di componenti di errore con distribuzione normale standardizzata, in modo da ottenere una struttura dell' “albero di scelta” del tipo “*cross nested*” (Fig. 2).

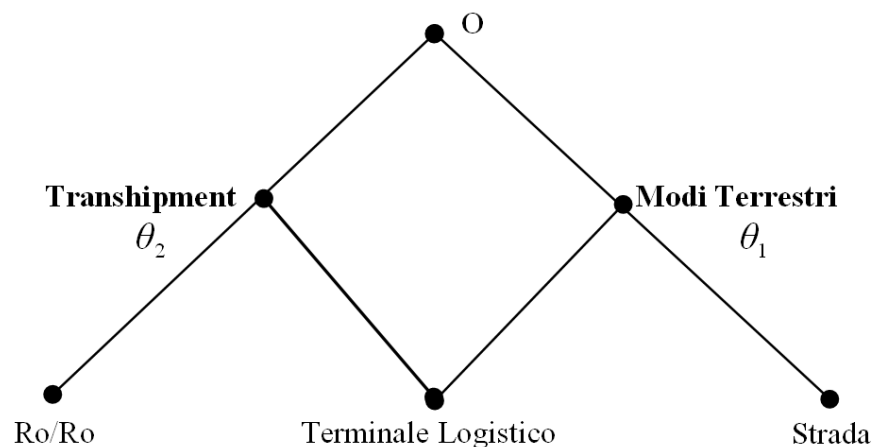


Figura 2 – Struttura delle correlazioni tra le alternative

Le formule che seguono illustrano la specificazione completa del modello in esame:

$$U_{Strada}^n = \beta_{DimT} \cdot Dim^n \cdot Tempo_{Strada}^n + (\beta_T + \sigma_T \cdot v_T^n) \cdot Tempo_{Strada}^n + \theta_1 \cdot E_1^n + \beta_C \cdot Costo_{Strada}^n + \beta_{Dep}^{Strada} \cdot Dep^n + \beta_{Strada} + \varepsilon_{Strada}^n \quad (9)$$

$$U_{TL}^{ns} = \beta_{DimT} \cdot Dim^n \cdot Tempo_{TL}^{ns} + (\beta_T + \sigma_T \cdot v_T^n) \cdot Tempo_{TL}^{ns} + \theta_1 \cdot E_1^n + \theta_2 \cdot E_2^n + \beta_C \cdot Costo_{TL}^{ns} + \beta_{Dep}^{TL} \cdot Dep^n + \beta_{TL} + \varepsilon_{TL}^{ns} \quad (10)$$

$$U_{Ro/Ro}^{ns} = \beta_{DimT} \cdot Dim^n \cdot Tempo_{Ro/Ro}^{ns} + (\beta_T + \sigma_T \cdot v_T^n) \cdot Tempo_{Ro/Ro}^{ns} + \theta_2 \cdot E_2^n + \beta_C \cdot Costo_{Ro/Ro}^{ns} + \varepsilon_{Ro/Ro}^{ns} \quad (11)$$

Dove,

U_j^{ns}	utilità dell'alternativa j , percepita dall'operatore n nel contesto di scelta s ;
Dim^n	variabile <i>dummy</i> , che vale 0 se è (veicoli + unità di carico) ≤ 20 , 1 altrimenti;
v_T^n	variabile aleatoria che rappresenta l'eterogeneità non sistematica dell'utilità marginale del tempo;
$Tempo_j^{ns}$	tempo di viaggio (ore), se il decisore n sceglie il modo j nello scenario s ;
E_m^n	elementi aleatori con funzione di densità del tipo normale standardizzata;
$Costo_j^{ns}$	costo del trasporto (euro), se il decisore n sceglie il modo j nello scenario s ;
Dep^n	variabile <i>dummy</i> ; vale 1 se la merce trasportata da n è deperibile, 0 altrimenti;
ε_j^{ns}	termine aleatorio distribuito come una variabile di Gumbel con media nulla;
β_{DimT}	coefficiente dell'interazione tra tempo e dimensione dell'operatore;
β_T, σ_T	parametri strutturali che determinano la media e la deviazione standard della parte aleatoria del coefficiente del tempo;
θ_m	con $m= 1, 2$; parametri che determinano la deviazione standard dei componenti di errore, introdotti per cogliere le correlazioni tra le alternative;
β_C, β_{Dep}	coefficienti degli attributi <i>Costo</i> e <i>Dep</i> ;
β_j	costante specifica dell'alternativa j .

4.5 La scelta della funzione di densità della parte aleatoria del coefficiente del tempo

La scelta della distribuzione di probabilità della componente aleatoria del coefficiente del tempo di viaggio è stata effettuata sulla base dell'analisi della distribuzione empirica di tale coefficiente (Hensher e Greene, 2003). A tal fine, sono stati stimati tanti modelli *logit multinomiali* quanti sono i data base che si possono ottenere escludendo un rispondente alla volta, in modo da metter in luce la sua influenza sulla stima del parametro del tempo (approccio “jack-knife”). In seguito, i coefficienti del tempo così ricavati sono stati impiegati come dati di input per uno stimatore *Kernel*, la cui applicazione ha rivelato che la forma della distribuzione empirica dell'utilità marginale del tempo di viaggio è del tipo normale (Fig. 3). Pertanto, alla variabile v_T^n è stata attribuita una distribuzione normale standardizzata.

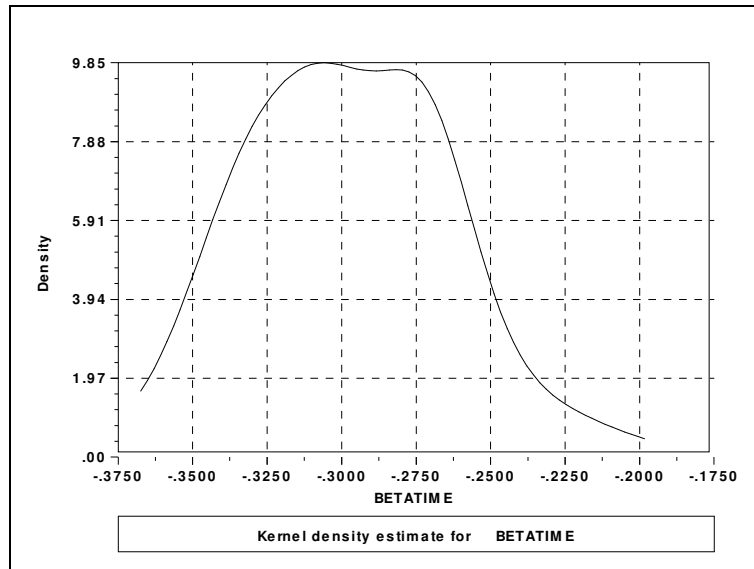


Figura 3 – Distribuzione empirica del coefficiente del tempo

La funzione di densità *Kernel*, relativa all'utilità marginale del tempo, è stata calcolata impiegando la seguente formulazione:

$$f(z_j) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{h} \cdot K\left[\frac{(z_j - x_i)}{h}\right], j = 1, \dots, m \quad (12)$$

Lo stimatore è applicato ad un set di m valori z_j , che rappresenta una partizione del range di variazione del parametro considerato x^7 . La funzione di densità *Kernel*, $f(z_j)$, determina in che

⁷ L'insieme di valori z_j è così determinato: $z_j = z_L + j \cdot [(z_U - z_L)/m]$, $j = 1, \dots, m$; $z_L = \min(x) - h$; $z_U = \max(x) + h$; in cui h è il parametro di “smoothing”.

misura il campione dei dati di input (nel nostro caso, tutti i coefficienti del tempo derivanti dalle stime secondo l'approccio "jack-knife") sia "prossimo" ad ogni valore z_j . Tale calcolo avviene utilizzando una funzione $K[\cdot]$ (del tipo *logit* in questa applicazione), che assegna pesi diversi agli scostamenti tra ciascun valore z_j e gli n dati di input x_i ⁸; altro elemento essenziale del calcolo è il parametro di *smoothing* h : valori contenuti di h generano un grande dettaglio nella rappresentazione della distribuzione empirica, valori elevati implicano scarsa stabilità dello stimatore⁹.

4.6 La stima del modello mixed logit

Per stimare il modello *mixed logit* illustrato in precedenza, è stato applicato il *metodo della massima verosimiglianza simulata*, effettuando estrazioni casuali dalla distribuzione normale del coefficiente del tempo. La tabella 6 mostra i risultati della stima, nel caso in cui il numero delle estrazioni casuali sia 2500; la stabilità delle stime è stata verificata in relazione a 5000 e 10000 estrazioni casuali (Walker, 2001).

Tabella 6 – Il modello mixed logit con distribuzione normale del coefficiente del tempo

Attributi	Coefficienti	Errore Standard	t-test	p-value
$Dim (1/0) \cdot Tempo$ (ore)	0.368	0.214	1.72	0.09
$Tempo: \beta_T$	-0.944	0.177	-5.34	0.00
$Tempo: \sigma_T$	0.595	0.135	-4.4	0.00
E_1	1.72	0.39	4.41	0.00
E_2	10.1	1.64	6.14	0.00
Costo (euro)	-0.0247	0.00371	-6.66	0.00
$Dep_{Strada} (1/0)$	11.8	2.34	5.06	0.00
$Dep_{TL} (1/0)$	1.32	0.644	2.06	0.04
ASA_{Strada}	-4.64	1.46	-3.17	0.00
ASA_{TL}	-1.02	0.362	-2.81	0.01
Base dati: 632 osservazioni di scelta				
Log likelihood finale = -347.001				
Rho-quadro (no coefficients) = 0.500				
Rho-quadro corretto = 0.486				
Valore del tempo (medio) = 38.2 €/ora				

⁸ Maggiore è lo scostamento, minore è il peso assegnato.

⁹ È stata impiegata la formulazione standard $h = 0.9Q / n^{0.2}$ dove $Q = \min(std. dev., range / 1.5)$.

Il modello *mixed logit* presentato nella tabella 6 è caratterizzato da coefficienti con segni corretti. In particolare, il valore stimato del parametro relativo all'interazione tra "peso" del tempo e dimensione dell'operatore denota come al crescere della dimensione, l'utilità marginale del tempo si riduca; una spiegazione plausibile consiste nel ritenere che, per un piccolo operatore, l'aumento del tempo di viaggio accresce in misura maggiore il rischio di perdere opportunità di lavoro, a causa della indisponibilità di risorse quali veicoli ed autisti.

I parametri, che nella tabella 6 sono associati al tempo di viaggio, devono essere interpretati tenendo presente che, nel caso di distribuzione normale, $\beta_T + \beta_{DimT} \cdot (Dim \cdot Tempo)$ rappresenta la media dell'utilità marginale del tempo e σ_T esprime la sua deviazione standard. In particolare, il valore stimato di quest'ultimo parametro, da un punto di vista statistico, risulta significativamente diverso da zero, anche per un livello di confidenza pari al 99% (t-test esterno all'intervallo [-2.58, +2.58]), il che conferma fortemente l'ipotesi a priori di eterogeneità nella percezione dell'importanza del tempo di viaggio.

Inoltre, si confermano i segni negativi delle costanti specifiche delle alternative, ovvero la tendenza delle imprese del campione a preferire il modo Ro/Ro alle modalità terrestri, se si prescinde dai fattori esplicitati nelle funzioni di utilità, probabilmente a motivo dei più contenuti tempi di guida e dei conseguenti minori rischi.

Ancora, le stime sono più significative, da un punto di vista statistico, rispetto al modello *logit multinomiale* (ovviamente non nel caso delle costanti specifiche delle alternative). Infine, si registra un miglioramento notevole nel valore del rho-quadro corretto e stabilità nella stima del valore monetario del tempo.

Infine, per quanto concerne la stima della disponibilità a pagare per "risparmiare" tempo, si segnala la conformità del risultato rispetto ad un lavoro precedente, in cui si è determinato un valore del tempo di circa 35 euro/ora per gli operatori del trasporto merci "su strada", analizzando i dati derivanti da un'indagine su scala nazionale in Italia (Cascetta e Iannò, 2000).

5 L'integrazione di variabili latenti nel modello di scelta: analisi preliminari

Una prospettiva di avanzamento del presente lavoro riguarda la possibilità di integrare nel modello di scelta sviluppato delle variabili latenti, ovvero fattori in grado di cogliere l'influenza sulle scelte di alcuni aspetti dei processi cognitivi individuali come percezioni, convinzioni, etc. In particolare, s'intende impiegare gli indicatori psicometrici derivanti da una sezione del questionario utilizzato ai fini di questo studio, in cui si richiede al rispondente di valutare, avvalendosi di una scala semantica del tipo 1-5 (1 = non importante, ..., 5 = molto importante), il livello d'importanza dei seguenti attributi relativi a modalità di trasporto merci: costo, tempo, rischio di ritardo, rischio di danno alla merce, frequenza del servizio.

Sono state condotte delle analisi preliminari per lo sviluppo del modello ibrido esaminando, in primo luogo, se gli indicatori psicometrici disponibili (associabili ad altrettanti fattori latenti) avessero un'influenza sulle scelte del campione. Relazioni statisticamente significative sono state ottenute per l'importanza percepita della puntualità e quella del tempo.

La tabella 7 mette in evidenza i risultati della stima di un modello *logit multinomiale* in cui l'utilità marginale del tempo dipende dall'indicatore psicometrico (*IPS_Tempo*)¹⁰ che misura l'importanza percepita di tale attributo e le funzioni di utilità delle alternative terrestri (strada e terminale logistico) contengono come variabile esplicativa anche l'indicatore psicometrico che quantifica l'importanza percepita della puntualità (*IPS_Punt*).

Tabella 7 – Il modello logit multinomiale integrato con indicatori psicometrici

Attributi	Coefficienti	Errore Standard	t-test	p-value
<i>Tempo</i> (ore)	-0.113	0.0247	-4.57	0.00
<i>Costo</i> (euro)	-0.00234	0.000591	-3.95	0.00
<i>Dep_{Strada}</i> (1/0)	1.23	0.273	4.53	0.00
<i>Dep_{TL}</i> (1/0)	0.498	0.266	1.87	0.06
<i>ASA_{Strada}</i>	-1.85	0.289	-6.41	0.00
<i>ASA_{TL}</i>	-1.63	0.171	-9.53	0.00
<i>IPS_Punt_{Strada}</i>	-0.245	0.112	-2.18	0.03
<i>IPS_Punt_{TL}</i>	0.274	0.134	2.04	0.04
<i>IPS_Tempo</i>	-0.0514	0.0188	-2.73	0.01

Base dati: 632 osservazioni di scelta

Log likelihood finale = -427.066

Rho-quadro (no coefficients) = 0.385

Rho-quadro corretto = 0.372

Valore del tempo = 48.2 €/ora

¹⁰ In dettaglio, la variabile tempo è stato inserita nelle funzioni di utilità delle tre alternative impiegando la seguente formulazione: $(\beta_T + \beta_{IPS_Tempo} \cdot IPS_Tempo) \cdot Tempo$, dove $\beta_{IPS_Tempo} \cdot IPS_Tempo$ rappresenta la parte dell'utilità marginale del tempo spiegata dall'eterogenea percezione dell'importanza di tale attributo.

Come si può notare nella tabella 7, al crescere dell'importanza percepita del tempo ne aumenta, com'è atteso, l'utilità marginale; inoltre, una crescita dell'importanza percepita della puntualità favorisce la scelta dell'opzione "Ro/Ro" soltanto nel caso in cui questa alternativa sia confrontata con il modo "Strada".

In secondo luogo, si è studiato tramite analisi di regressione il legame tra gli indicatori psicometrici che si sono rivelati significativi ai fini della modellazione delle scelte del campione e i vari attributi socio-economici rilevati. Di seguito, si riportano i risultati.

È emersa una relazione statisticamente significativa tra l'importanza percepita del tempo e la dimensione dell'impresa: più grande è l'operatore, meno importante è il tempo di viaggio; le ragioni di tale conclusione, espresse in precedenza, si fondano sulla constatazione che le piccole imprese sono più esposte al rischio di perdere opportunità di nuove commesse, a causa della indisponibilità di risorse quali veicoli e autisti.

L'importanza percepita della puntualità è risultata dipendere dalla dimensione della spedizione (ossia dal peso del carico in tonnellate); in questo caso, i risultati possono essere così commentati: in generale, considerata la frammentazione del contesto economico-produttivo siciliano, un carico elevato postula attività di consolidamento volte ad aggregare più spedizioni, soprattutto ad opera delle imprese di trasporto più grandi, che gestiscono reti del tipo *multipoint-to-multipoint*; pertanto, ritardare l'espletamento di una consegna potrebbe provocare danni a diversi clienti, a causa di un "effetto domino".

6 Conclusioni e sviluppi futuri

In questo articolo, si è presentato un lavoro di ricerca in corso di svolgimento, che mira a sviluppare modelli econometrici per simulare il comportamento di scelta degli operatori del trasporto merci "su strada" in Sicilia, in modo da poter ottenere elementi conoscitivi utili alla pianificazione in ambito regionale di interventi per migliorare i livelli di efficienza e sostenibilità ambientale del settore. Ci si riferisce, in particolare, alla possibilità di promuovere il trasporto combinato strada-mare e realizzare piattaforme logistiche, in cui, attraverso il consolidamento delle spedizioni, si possa operare la crescita dei fattori di carico dell'autotrasporto. Tali obiettivi trovano fondamento nello scenario attuale del trasporto delle merci in Sicilia, caratterizzato da un ricorso notevole all'opzione "tutto strada", da un settore dell'autotrasporto "polverizzato" (con la conseguenza di un impiego non efficiente della capacità di carico) e dalla scarsa accessibilità dei principali porti regionali che, "soffocati" dai centri urbani circostanti, limitano significativamente lo sviluppo dell'intermodalità strada-mare.

Più in dettaglio, la ricerca ha lo scopo di confrontare diversi approcci alla modellazione del comportamento di scelta delle imprese di trasporto merci "su strada", attraverso la determinazione della disponibilità a pagare per ridurre i tempi di viaggio, delle elasticità delle

scelte rispetto alle variabili esplicative e degli indici statistici che misurano la capacità di un modello di riprodurre le osservazioni impiegate per la sua stima.

A tal fine, è stato sviluppato un modello *mixed logit* che coglie l'eterogenea percezione dell'importanza del tempo di viaggio all'interno del campione di operatori siciliani intervistati e, anche, le varie forme di correlazione tra le alternative di scelta, che sono state proposte agli stessi, nell'ambito di un'indagine sulle preferenze dichiarate, ovvero "tutto strada", autoporto e trasporto combinato strada-mare Ro/Ro. In particolare, si è ottenuto che l'utilità marginale del tempo di viaggio presenti sia eterogeneità non sistematica, rappresentabile con una funzione di densità di probabilità normale, sia eterogeneità sistematica espressa da una relazione inversa con la dimensione dell'impresa (la somma tra i veicoli e le unità di carico a disposizione). Inoltre, le stime hanno messo in luce una duplice forma di correlazione tra le alternative: la correlazione tra le modalità terrestri "tutto strada" e autoporto e la correlazione tra autoporto e Ro-Ro, che hanno la caratteristica comune di ridurre i costi unitari di trasporto tramite operazioni di *transshipment*. Ancora, i risultati denotano come le imprese tendano a preferire *ceteris paribus* una modalità stradale al Ro/Ro, quando si trasporta merce deperibile e, inoltre, come il modo Ro/Ro sia preferito alle alternative terrestri, se si prescinde dai fattori esplicitati nelle funzioni di utilità, probabilmente a motivo dei più contenuti tempi di guida e dei conseguenti minori rischi.

Infine, sono state condotte le analisi preliminari per il miglioramento del modello di scelta con l'integrazione di variabili latenti relative alla percezione dell'importanza di alcuni importanti attributi di scelta (costo, tempo, rischio di ritardo, rischio di danno alla merce, frequenza del servizio), su cui si è indagato attraverso una specifica sezione del questionario. Tale fase dello studio ha rivelato che soltanto gli indicatori psicometrici relativi all'importanza percepita del tempo di viaggio e della puntualità influiscono significativamente sulle scelte del campione. Inoltre, l'analisi del legame tra i suddetti indicatori psicometrici e gli attributi socio-economici rilevati ha messo in evidenza una relazione significativa tra importanza percepita del tempo e dimensione dell'impresa: per i piccoli operatori il tempo è più importante, verosimilmente perché la scarsità delle risorse (autisti e veicoli) limita in misura maggiore la loro capacità di acquisire nuove commesse. Per quanto concerne, invece, l'importanza percepita delle puntualità, questa è risultata dipendere dalla dimensione della spedizione (ossia dal peso del carico in tonnellate): infatti, un carico elevato è riconducibile ad attività di consolidamento tese ad aggregare più spedizioni, con la conseguenza che un ritardo potrebbe determinare danni a diversi clienti, a causa di un "effetto domino".

Sulla base di quanto esposto, nel prosieguo del lavoro, s'intende stimare un modello ibrido, derivante dall'integrazione nel *mixed logit*, specificato così come descritto ai paragrafi 4.4 e 4.5, delle variabili latenti relative all'importanza percepita del tempo di viaggio e della puntualità, unitamente alle loro relazioni con la dimensione dell'operatore e del carico. La riflessione sui valori stimati dei coefficienti delle variabili esplicative, del valore monetario

del tempo e delle elasticità di scelta, congiuntamente ad alcune analisi di scenario, condurrà all'elaborazione di linee-guida per la pianificazione regionale in tema di trasporto intermodale delle merci e logistica.

7 Bibliografia

- Ben Akiva M. E., Lerman S. R. (1985), *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. The MIT Press, Cambridge, Mass.
- Bierlaire M. (2008), *Estimation of discrete choice models with BIOGEME 1.8*.
<http://biogeme.epfl.ch>
- Cascetta E., Iannò D. (2000) Calibrazione Aggregata di un Sistema di Modelli di Domanda Merci a Scala Nazionale. In Cantarella G. E., Russo F (eds.) *Metodi e Tecnologie dell'Ingegneria dei Trasporti*. Franco Angeli. 156-178.
- Domencich T. A., McFadden D. (1975), *Urban Travel Demand: A Behavioural Analysis*. American Elsevier, New York.
- Hensher D. A., Greene W. H (2003), The Mixed Logit Model: the State of Practice and Warnings for the Unwary, *Transportation*, 30: 133-176.
- Louviere J., Hensher D., Swait J. (2000), *Stated Choice Methods: Analysis and Application*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McFadden D., Train K., Tye W. (1976), An Application of Diagnostic Tests for the Independence from Irrelevant Alternatives Property of the Multinomial Logit Model, *Transportation Research Record*, 637: 39-45.
- McFadden D., Train, K. (2000), Mixed MNL Models for Discrete Response, *Journal of Applied Econometrics*, 15: 447-470.
- Morikawa T., Ben-Akiva M., McFadden D. (1996), Incorporating Psychometric Data in Econometric Choice Models. Working paper, Massachusetts Institute of Technology.
- Regione Siciliana (2003) *Studio delle Infrastrutture Autoportuali in Sicilia*, Dipartimento Trasporti e Comunicazione, Palermo.
- Walker J. L. (2001) PhD Thesis: Extended Discrete Choice Models: Integrated Framework, Flexible Error Structures, and Latent Variables, Massachusetts Institute of Technology.

ABSTRACT

This research aims to analyse the factors determining choice behaviour of Sicilian road-based freight transport operators when faced with transshipment-related alternatives, so as to draw conclusions on the potential effects of regional policy actions fostering intermodal freight transport and logistics. To achieve these objectives, a data set of choice observations resulting from a mixed RP/SP survey has been used. It registers the choice behaviour of Sicilian carriers in real and hypothetical scenarios, with respect to three alternatives: road transport, road transport with transshipment at a logistic terminal, road-sea Ro/Ro transport. In particular, to simplify the choice task within the SP experiment a choice game based on two explanatory variables, travel time and carrier monetary cost, has been built. The RP section of the survey has asked the respondent to describe his current mode choice set (road versus sea-road Ro/Ro), in terms of cost, time, frequency, percentages of delays and shipments with damages. We simulate carrier behaviour, referring to random utility theory which provides econometric models for the empirical estimation of the demand function in a context of discrete choices. In particular, in order to allow for heterogeneous responses of carriers to travel time (depending upon several factors such as fleet size, perishability of freight, etc.) and correlations among alternatives (the correlation between road and road with transshipment and the correlation between road with transshipment and Ro/Ro), the empirical analysis has been carried out through the *mixed logit* framework. As it is well known, this is a very flexible model which can, by the specification and estimation of stochastic parameters, “capture” the complexity of individual choice behaviour in terms of taste heterogeneity, correlation across alternatives, alternative specific variances and correlation over time/choice situations. The estimation outcomes highlight that the travel time marginal utility follows a normal distribution and presents heterogeneity around the mean interacting with a covariate, that is the firm size (n. of vehicles + n. of unit load devices): the greater the firm size the lower the marginal utility. Moreover, hauliers tend to prefer a road-related mode in the case of perishables and the estimated alternative specific constants confirm that respondents are aware of the lower risk associated to Ro/Ro transport with respect to “all-road” trips. Furthermore, we have performed a preliminary analysis to improve the explanatory power of the *mixed logit* model by integrating it with latent variables. In detail, we have analysed the psychometric indicators from the questionnaire’s final section, which requires the respondent to declare the perceived importance of each choice attribute selected for the RP survey, based on a 1-5 semantic scale (1 = not important, ..., 5 = very important). We have found out that only the psychometric indicators relating to the perceived importance of travel time and punctuality impact choices. We have also focused on the relationships between the aforesaid indicators and the collected data on socio-economic characteristics of respondents: this stage of the study has revealed that the perceived importance of travel time is inversely affected by the firm size, while the perceived importance of punctuality is directly influenced by the load size (tons).