

Nell'attuale contesto è ormai riconosciuta la necessità di perseguire congiuntamente, ed in diversi settori, una transizione ecologica e digitale; entrambe sono tuttavia perseguibili solo se si osserva una transizione comportamentale delle persone coinvolte.

In quest'ottica il presente progetto di ricerca focalizza su studio, interpretazione e modellazione dei comportamenti di scelte di mobilità degli utenti del settore trasporti, in contesti di scelta non tradizionali e, in generale, non facilmente interpretabili nell'ambito di un paradigma "utilitaristico".

Ad oggi, se lo scenario tecnologico nel settore dei trasporti è complesso e parzialmente consolidato, lo stesso non si può dire per lo studio degli impatti sulle scelte di viaggio/mobilità degli utenti, che richiede strumenti innovativi e coerenti con il rapido sviluppo sociale e culturale che la società sta osservando.

Finora, le scelte degli utenti sono state studiate perseguendo un approccio economico, assumendo, in accordo alla teoria dell'utilità aleatoria, che gli utenti siano perfettamente razionali, che associno a ciascuna alternativa di scelta un'utilità e che scelgano l'alternativa a cui attribuiscono la massima utilità. I modelli consolidati e basati sulla teoria dell'utilità aleatoria hanno permesso di interpretare e modellare le scelte degli utenti con un certo grado di affidabilità, ricorrendo a variabili strumentali direttamente osservabili e misurabili. Inoltre, lo sviluppo relativamente recente di modelli di scelta ibridi con variabili latenti ha permesso una migliore interpretazione dei fenomeni, introducendo la possibilità di considerare variabili non direttamente misurabili (attitudini e percezioni), pur utilizzando ancora un approccio utilitaristico.

Tuttavia, i processi decisionali sottesi alle scelte sono influenzati da molteplici determinanti, di cui si può tenere conto soltanto con un approccio psicologico. Quest'ultimo assume che il processo decisionale sia locale, adattivo, dipendente dal contesto di scelta e dai tratti personali degli utenti; In quest'ottica, nuovi paradigmi cognitivi che consentano di tener conto di maggiori determinanti delle scelte degli utenti andrebbero esplorati, congiuntamente agli approcci tradizionali.

Inoltre, rispetto alle attuali scelte di mobilità, che spesso richiedono una vera e propria transizione comportamentale (es. passaggio da auto privata a scelte di mobilità più sostenibili, passaggio da veicoli a combustione interna a veicoli elettrici o ibridi), si ritiene importante non solo esaminare la scelta degli utenti nel momento in cui viene effettuata, ma anche indagare il processo cognitivo che gli utenti attraversano prima di arrivare a una determinata scelta. Da questo aspetto deriva l'intenzione di esplorare le scelte degli utenti concentrandosi non solo su un'analisi puntuale, ma piuttosto su un processo evolutivo.

Due sono gli obiettivi di questa ricerca da perseguire, rispettivamente di interesse metodologico ed operativo:

- 1) Individuare e formalizzare matematicamente approcci metodologici innovativi adeguati a studiare contesti di scelta non tradizionali e, in generale, non facilmente interpretabili nell'ambito di un paradigma "utilitaristico";
- 2) Investigare l'efficacia degli approcci metodologici innovativi su casi studio reali (es. penetrazione di mercato di veicoli elettrici).

Per i suddetti motivi, il presente lavoro di ricerca investiga un nuovo approccio metodologico che prevede l'applicazione congiunta di due paradigmi psicologici, ovvero la Teoria del comportamento pianificato (Theory of Planned Behavior, TPB) e il modello transteorico (Transtheoretical model, TTM) al fine di verificare se lo stadio del cambiamento possa influenzare direttamente l'intenzione comportamentale degli utenti.

Tale approccio metodologico viene testato ed applicato ad un contesto di scelta che ben si presta ad essere inteso come risultato di un processo evolutivo piuttosto lungo, ovvero l'acquisto di un veicolo ad alimentazione elettrica rispetto alle soluzioni proposte tradizionalmente nel contesto italiano (Benzina, Diesel, GPL e Metano).

Il passaggio da un veicolo con motore a combustione interna a un veicolo elettrico comporta un cambiamento comportamentale. La questione della gravità dei cambiamenti nel livello di mobilità di una persona non è banale ed i due obiettivi che ci si è prefissati in termini di ricerca non possono che essere trattati congiuntamente.

Il presente lavoro, esplora:

(i) **L'applicabilità congiunta di due paradigmi interpretativi** → L'idea di considerare congiuntamente l'applicabilità della teoria del comportamento pianificato e del transteoretico è il cuore dell'approccio metodologico innovativo proposto. Infatti, non si può più non riconoscere che alcune scelte non siano puntuali, ma piuttosto siano il risultato di un processo evolutivo, di una vera e propria transizione comportamentale. Di questo aspetto bisogna esplicitamente tenerne conto quando si interpretano e si simulano le scelte degli utenti, soprattutto se si tratta di scelte di mobilità (di ordine gerarchicamente superiore).

[risultato (i)] → Molte delle ipotesi postulate per il nuovo approccio metodologico sono confermate tramite l'ausilio alla modellazione ad equazioni strutturale. In particolare si evidenzia come lo stadio del cambiamento che un utente esibisce rispetto ad un determinato comportamento, influenzi direttamente la sua intenzione comportamentale e quindi le sue scelte (comportamento effettivo).

(ii) **I costrutti che influenzano l'intenzione di acquistare un'auto ad alimentazione alternativa** → Oggigiorno è frequente il ricorso ad una modellistica che consenta di interpretare al meglio i fenomeni, in quanto un aspetto imprescindibile richiesto oggi agli analisti del settore trasporti risiede nella capacità di trasferire alle

amministrazioni, alle case automobilistiche e ai diversi stakeholder la conoscenza dei fattori che, di caso in caso, incidono sulle scelte degli utenti.

[risultato (ii)]→ I diversi modelli di scelta stimati hanno consentito di evidenziare i fattori direttamente misurabili o latenti che influenzano le scelte di acquisto degli utenti. Innanzitutto è emerso chiaramente come i due fattori tangibili di maggiore disutilità rispetto all'acquisto di veicoli elettrificati siano il costo totale mensile ed il luogo di ricarica. Il costo totale mensile, valutato in funzione dei consumi mensili (relativi a spostamenti giornalieri di 30 km giornalieri), delle spese di manutenzione e delle spese di acquisto iniziale, rappresenta una disutilità per tutte le alternative, ma a causa dell'elevato costo di acquisto è attualmente più sentito per le soluzioni elettrificate. Il luogo di ricarica costituisce un limite non trascurabile nell'acquisto di una soluzione elettrificata; emerge come la possibilità di ricaricare sia su strada che a casa/lavoro determini una maggiore utilità per gli utenti. Tuttavia, non sempre gli utenti hanno la possibilità di usufruire di entrambe le forme di ricarica. Diversi altri fattori risultano significativi nel definire le utilità associate a ciascuna alternativa di scelta. Tali fattori sono in genere caratteristiche socioeconomiche degli utenti, caratteristiche dei loro spostamenti o caratteristiche delle automobili già possedute. È interessante notare come questi attributi possano direttamente influenzare le scelte degli utenti, ma emerge che, più propriamente, essi ne influenzano atteggiamenti e percezioni. Sono poi questi fattori latenti, ed in particolare l'attitudine verso l'ambiente, la percezione dei veicoli elettrici, l'attitudine verso i veicoli elettrici ed il controllo comportamentale percepito (rispetto all'utilizzo di un veicolo elettrico) ad influenzare le scelte degli utenti.

(iii) L'impiego dei modelli ad equazioni strutturali per lo studio del nuovo framework proposto → la modellazione interpretativa che in genere viene utilizzata per studiare le teorie derivanti dall'approccio psicologico consiste essenzialmente nell'implementazione di modelli ad equazioni strutturali. Esistono due filoni di studio che si concretizzano nell'utilizzo dell'approccio PLS-SEM o in quello dell'approccio CB-SEM. In letteratura è spesso dibattuto quale sia l'approccio più corretto da utilizzare. Per lo studio in esame l'approccio più consono da utilizzare è parso quello PLS-SEM; tuttavia il modello validato è stato altresì studiato con approccio CB-SEM.

[risultato (iii)]→ Lo studio ha permesso parzialmente di verificare quanto riportato nella letteratura scientifica in merito al concetto di "distorsione su larga scala", secondo cui le relazioni del modello di misura sono sovrastimate con il PLS-SEM, mentre quelle del modello strutturale sono sottostimate. D'altra parte, i rapporti di forza tra i diversi indicatori o tra i diversi costrutti ipotizzati nel modello sono rimasti invariati. Da qui l'importanza di testare successivamente un modello simile su un campione più ampio.

(iv) L'impiego di modelli di scelta discreta consolidati→ questa operazione ha come fine ultimo quello di individuare quale sia il miglior insieme di scelta da prendere in considerazione nonché la costituzione di modelli di benchmark rispetto ai quali confrontare i risultati derivanti da approcci più avanzati

[risultato (iv)]→ Da questa fase di analisi è discesa un'importante informazione. L'utente non percepisce effettivamente le alternative proposte come elementi singoli, ma elabora una sua distinzione in tre alternative: convenzionale (Benzina e Diesel), Bifuel (Metano e GPL) ed elettrificata. Questo accorpamento è in abbastanza coerente se si prendono in considerazione alcuni fattori quali ad esempio: la necessità di apposite aree di rifornimento che in genere si trovano a ridosso del centro per le soluzioni metano e GPL, una riduzione di consumi in termini di spesa mensile, spesso associata alle soluzioni bifuel ed elettrificate, una visione di performance superiori per le due alternative convenzionali, e così via.

(v) L'impiego di modelli di scelta ibridi → questa operazione ha come fine ultimo quello di individuare quali fattori latenti possono influenzare le scelte di acquisto degli utenti, la loro entità, e il miglioramento in termini interpretativi e simulativi eventualmente apportati considerando tali fattori. I fattori latenti cui si fa riferimento sono quelli generalmente esplorati in letteratura con riferimento al contesto di scelta esaminato: attitudine verso l'ambiente, attitudine verso la tecnologia, percezione dei consumi, norme sociali, percezione dei vantaggi dei veicoli elettrici e percezione degli svantaggi dei veicoli elettrici.

[risultato (v)]→ è emerso che l'attitudine verso l'ambiente e la percezione dei vantaggi dei veicoli elettrici contribuiscono a rafforzare l'utilità associata all'acquisto dei veicoli elettrici. I modelli ottenuti rafforzano l'interpretazione rispetto al modello privo di fattori latenti

(vi) L'impiego di modelli di scelta ibridi con variabili latenti derivanti da paradigmi psicologici → I costrutti postulati dalla teoria del comportamento pianificato (e derivanti quindi da considerazione di natura psicologica) sono stati inseriti, sottoforma di variabili latenti, nei modelli di scelta. In tal modo, pur considerando ancora una modellazione utilitaristica si è estesa l'esplorazione verso costrutti derivati da una teoria psicologica.

[risultato (vi)]→ è emerso che l'attitudine verso i veicoli elettrici e il controllo comportamentale percepito contribuiscono a rafforzare l'utilità associata all'acquisto dei veicoli elettrici. Questo sottolinea come un approccio psicologico sia fondamentale per una perfetta conoscenza del processo decisionale.

(vii) L'impiego di modelli ibridi gerarchici avanzati→ con questa operazione si cerca di colmare a pieno il gap tra approccio interpretativo ed approccio simulativo. Tale step consiste nell'implementare dei modelli ibridi gerarchici per riprodurre tutte le relazioni tra i costrutti ipotizzati nella TPB, o eventualmente nel nuovo quadro metodologico proposto (TPB+TTM), direttamente nel modello di scelta; si cerca quindi di tener conto anche delle relazioni intercorrenti tra i diversi costrutti derivanti dalle teorie psicologiche e non solo dei costrutti stessi.

[risultato (vii)]→ Data la complessità analitica del problema, avanzamenti in questa direzione sono stati effettuati procedendo per fasi. È stato quindi calibrato un modello ibrido gerarchico che riproducesse la struttura della teoria del comportamento pianificato. La stima del modello è stata effettuata in maniera sequenziale ed ha consentito di individuare nei modelli ibridi gerarchici una buona soluzione per poter tenere in conto non solo dei costrutti formulati dalle teorie psicologiche ma anche delle relazioni intercorrenti tra di essi nella definizione delle funzioni di utilità. Inoltre un ulteriore avanzamento è stato proposto calibrando in maniera simultanea un modello ibrido gerarchico che tenesse conto delle relazioni intercorrenti tra attitudine verso i veicoli elettrici, intenzione comportamentale e effettivo comportamento. Nonostante la complessità computazionale ed i tempi di calcolo elevati anche questo modello è risultato sufficientemente promettente per un passaggio da una modellistica puramente interpretativa ad una interpretativa e simulativa.

Ovviamente gli avanzamenti proposti non sono stati esenti da complessità ed hanno pertanto consentito di evidenziare alcuni aspetti che potrebbero essere migliorati.

In primo luogo è chiaro che uno dei principali limiti dello studio effettuato risiede nel campione a cui è rivolta l'indagine. Data la necessità di perseguire una continuità tra una fase e l'altra dell'indagine, lo studio è condotto su un campione pilota, composto per lo più da studenti universitari, e quindi parzialmente distorto;

Chiaramente diverse sono le soluzioni perseguibili per poter estendere l'indagine ad un campione più ampio, pur continuando a mantenere una certa continuità tra una fase e l'altra dell'indagine. Quella più efficace (basandosi su studi di letteratura rivolti ad investigare i cambiamenti comportamentali degli utenti verso forme di mobilità più sostenibili) potrebbe consistere nella creazione di una apposita app che consenta non solo di fornire agli intervistati dei momenti informativi, ma anche di testare in diversi momenti, lo stadio effettivo del comportamento, investigando anche eventuali cambiamenti nello stile di vita. Tale app potrebbe anche rivelarsi direttamente utile nello spingere gli utenti verso specifici cambiamenti comportamentali.

Inoltre, sarebbe auspicabile la possibilità di poter estendere lo studio ad un campione più grande, basando le informazioni raccolte su un'indagine mista sulle preferenze dichiarate (per poter definire l'intenzione comportamentale) e sulle preferenze rilevate (per poter tener conto dell'effettivo comportamento).

Infine, nell'ottica di futuri step di ricerca si potrebbero apportare alcuni miglioramenti già in fase di indagine, pensata appositamente per tener conto della natura evolutiva dei processi decisionali. Ad esempio, sebbene negli studi di letteratura presi come riferimento per investigare il costrutto dello stadio del cambiamento e dell'intenzione comportamentale venga sempre considerato un unico indicatore, per l'implementazione di modelli ibridi gerarchici sarebbe più consono avere, per ciascun costrutto latente, almeno tre indicatori, in maniera tale che, pur aumentando la complessità del modello, non si incorra in problemi di identificazione.

La tesi in esame si articola in 7 capitoli. Il primo capitolo è un capitolo di sintesi ed inquadramento.

Nel capitolo due viene approfondita l'intera problematica legata ai processi decisionali. In particolare si esamina l'architettura del processo decisionale e si discute delle differenze tra paradigmi interpretativi di natura economica e psicologica. A seguire, il capitolo si incentra sullo sviluppo della teoria economica, ripercorrendo un excursus storico delle principali tappe di sviluppo e dei principali paradossi che gli vengono recriminati e da cui discenderanno alcune teorie (come la teoria del rimpianto e quella del prospetto, recentemente utilizzate anche nel settore trasporti) di cui si propone un richiamo al paragrafo 2.6. Il capitolo, si concentra poi sul passaggio tra la teoria economica ed i modelli di scelta che da essa discendono, distinguendo tra modelli consolidati e modelli ibridi più avanzati.

Si associa a tale capitolo l'appendice A, che presenta una disamina più avanzata dei modelli di scelta consolidati, riportando per ciascuno di essi la struttura e la formalizzazione matematica.

Il capitolo 3, invece, è completamente dedicato all'approccio psicologico. In tale capitolo viene proposto uno stato dell'arte in cui si discutono tutte le teorie psicologiche che negli ultimi anni hanno trovato applicazione anche nel settore trasporti.

Il capitolo 4, invece, è un capitolo dedicato interamente alla modellistica. Esso racchiude tutti i richiami teorici necessari per una facile comprensione dei passaggi svolti con riferimento al caso studio proposto e per l'interpretazione dei risultati. In particolare in questo capitolo si fa riferimento a diverse analisi preliminari necessarie per lo studio dei dati a disposizione, alla modellazione ad equazione strutturale, sia con approccio PLS-SEM che con approccio CB-SEM e alla specificazione, calibrazione e validazione dei modelli di scelta convenzionali, ibridi ed avanzati.

Il capitolo 5 è dedicato al caso studio esaminato e con il quale si assestano gli obiettivi ed i contributi della ricerca.

In particolare, in questo capitolo si presta attenzione a:

- Definire il contesto sperimentale e l'indagine da cui vengono estrapolati i dati su cui sono fondate tutte le analisi. Si associa a questo paragrafo l'appendice B, recante alcuni dettagli direttamente estrapolati dall'indagine.
- Definire l'analisi preliminare dei dati, sulla scorta della quale è stato possibile scegliere quale approccio effettivamente perseguire da un punto di vista modellistico, quali dati poter utilizzare e con che finalità.
- Lo studio del nuovo approccio modellistico proposto, svolto tramite modellazione ad equazioni strutturali. Si presentano i principali risultati ottenuti e si determina quali delle relazioni inizialmente ipotizzate possano essere accettate con una certa significatività statistica.
- Riprodurre le scelte di utilizzo in ambito urbano di automobili con alimentazioni alternative
- Riprodurre le scelte di acquisto di automobili con alimentazioni alternative, implementando approcci modellistici con diversi gradi di difficoltà e diversi gradi di dettaglio.

Si allega ai paragrafi relativi ai modelli di scelta l'appendice C, che fornisce una descrizione degli attributi considerati nei modelli di scelta.

Il capitolo 6 discute i principali risultati mostrati nel capitolo 5, mentre il capitolo 7 conclude la tesi, riassumendo, per tutti i contributi di ricerca, i risultati ottenuti. Nello stesso capitolo si discutono anche i principali limiti riscontrati per lo studio condotto.