



*Ministero dell'Istruzione,  
dell'Università e della Ricerca*



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO**

**Dipartimento di Ingegneria Civile**

*Dottorato di Ricerca  
in  
Rischio e sostenibilità  
nei sistemi dell'ingegneria civile, edile ed ambientale*

**XXX Ciclo (2014-2017)**

**Sistemi informativi intelligenti a supporto di  
passeggeri di un terminal aeroportuale: contenuti  
informativi, modelli di propensione all'uso, modelli di  
reazione all'informazione e specificazione di un  
ambiente di simulazione dinamico**

*Ing. Luigi Elia*

**Il Tutor**  
*Prof. Stefano De Luca*

**Il Coordinatore**  
*Prof. Fernando Fraternali*

---

---

# 1 Sommario

Motivazioni, sintesi e conclusioni.....	14
1 Introduzione .....	17
1.1 Background e Motivazioni.....	17
1.2 Research problem.....	20
1.3 Obiettivi della ricerca.....	21
1.4 Contributo della ricerca.....	24
1.5 Outline della tesi .....	25
2 Stato dell'arte .....	27
2.1 Le tecnologie passenger-oriented.....	27
2.1.1 Tecnologie per l'erogazione dei servizi self-service.....	28
2.1.2 Tecnologie per il monitoraggio dell'utenza .....	49
2.2 Le attività dei passeggeri nel terminal .....	65
2.2.1 Generalità.....	65
2.2.2 Attività discrezionali .....	74
2.2.3 Il retailer aeroportuale .....	80
2.3 Modellazione e simulazione dei flussi pedonali .....	88
2.3.1 I concetti di sistema, modellazione e simulazione .....	90
2.3.2 I livelli del comportamento pedonale.....	92
2.3.3 La modellazione.....	94
2.3.4 Modelli macroscopici (Flow-based approach).....	95
2.3.5 Modelli microscopici .....	99

---

2.3.6	Validazione dei modelli pedonali.....	115
2.3.7	Modelli di simulazione.....	116
2.4	Modellazione delle attività e dei flussi pedonali all'interno di un terminal aeroportuale.....	134
2.4.1	Panoramica dei modelli di simulazione aeroportuale .....	136
2.4.2	Wayfinding aeroportuale.....	142
2.5	Informazione all'utenza e reazione all'informazione.....	144
2.5.1	Gli ATIS.....	144
2.5.2	Framework generale per l'analisi sugli ATIS .....	147
2.5.3	Stato dell'arte .....	149
3	Modelli di simulazione di comportamenti di scelta.....	162
3.1	La teoria dell'utilità aleatoria.....	163
3.2	Modelli tradizionali di utilità aleatoria.....	166
3.3	Modelli ibridi a variabili latenti .....	169
3.3.1	Struttura del processo di scelta.....	174
3.3.2	Gli indicatori .....	179
4	Modellazione della reazione all'informazione.....	181
4.1	Progettazione dell'indagine sui bisogni informativi .....	183
4.2	Struttura dell'indagine.....	183
4.2.1	Informazioni preliminari e socio-economiche .....	185
4.2.2	Fase di spostamento Casa – Aeroporto (Ingresso).....	185
4.2.3	Fase di spostamento Ingresso – Check-in .....	186
4.2.4	Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza .....	188
4.2.5	Fase di spostamento Controlli di sicurezza – Gate .....	189

---

4.3	Risultati dell'indagine .....	190
4.3.1	Informazioni preliminari .....	192
4.3.2	Fase di spostamento Casa – Aeroporto (Ingresso).....	198
4.3.3	Fase di spostamento Ingresso – Check-in .....	204
4.3.4	Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza .....	211
4.3.5	Fase di spostamento Controlli di sicurezza – Gate .....	217
4.4	Modelli di reazione all'informazione.....	224
4.4.1	Fase di spostamento Ingresso – Check-in .....	226
4.4.2	Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza .....	250
4.5	Conclusioni .....	271
5	Modellazione della propensione all'uso/installazione di un sistema avanzato di informazione all'utenza .....	273
5.1	Struttura dell'indagine.....	273
5.1.1	Informazioni preliminari e socio-economiche .....	274
5.1.2	Fase di spostamento Casa – Aeroporto (Ingresso);.....	275
5.1.3	Fase di spostamento Ingresso – Check-in;.....	275
5.1.4	Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza; .....	275
5.1.5	Fase di spostamento Controlli di sicurezza – Gate; .....	275
5.1.6	Informazioni in merito alla disponibilità a pagare .....	276
5.2	Caratteristiche del campione .....	277
5.3	Fase di spostamento Casa-Aeroporto(ingresso).....	280
5.4	Fase di spostamento – Ingresso terminal – Check-In.....	284
5.5	Fase di spostamento: Check-in – Controlli di sicurezza .....	287
5.6	Fase spostamento: Check-in – Controlli di sicurezza .....	291

---

5.7	Informazioni in merito alla disponibilità ad installare e pagare.....	293
5.8	Modelli di propensione all'uso/installazione .....	294
5.8.1	Propensione all'installazione dell'app .....	295
5.8.2	Propensione a pagare per installare l'app.....	311
5.9	Conclusioni .....	328
6	Specificazione del modello di microsimulazione .....	330
6.1	La metodologia .....	330
6.2	Il software .....	332
6.3	Le fasi del processo di specificazione.....	332
6.3.1	Disegno layout del terminal .....	333
6.3.2	Identificazione degli agenti.....	333
6.3.3	Identificazione delle attività.....	335
6.3.4	Definizione dell'architettura logico funzionale .....	336
6.3.5	Implementazione logiche comportamentali .....	339
6.4	La validazione del modello .....	339
6.5	Caso Studio – Aeroporto di Napoli.....	340
6.5.1	Layout del terminal .....	343
6.5.2	Gli agenti.....	353
6.5.3	Il modello .....	355
6.6	Logiche comportamentali .....	361
6.6.1	Modello di scelta check-in .....	361
6.6.2	Modello di scelta controlli di sicurezza .....	363
6.6.3	Modello di scelta Gate .....	364
6.6.4	Modello ad esaurimento.....	366

---

6.6.5	Modello di prossimità .....	367
6.7	Validazione del modello .....	368
6.8	Analisi della compliance .....	374
6.9	Conclusioni .....	385
7	Sintesi e conclusioni .....	387
7.1	Obiettivi e Metodologia .....	387
7.1.1	[Obiettivo – i].....	387
7.1.2	[Obiettivo – ii].....	387
7.1.3	[Obiettivo – iii].....	389
7.1.4	[Obiettivo – iv].....	391
7.2	Risultati .....	391
7.2.1	[Obiettivo – i].....	391
7.2.2	[Obiettivo – ii/a].....	392
7.2.3	[Obiettivo – ii/b].....	396
7.2.4	[Obiettivo – iii].....	397
7.2.5	[Obiettivo – iv].....	398
	Riferimenti .....	400

---

## Indice delle figure

Fig. 1	Servizi offerti dai siti internet delle maggiori compagnie aeree del mondo	33
Fig. 2	Relazione tra arrivi e tempo mancante alla partenza.....	68
Fig. 3	Schema degli spostamenti dei passeggeri .....	74
Fig. 4	Relazione tra velocità e densità.....	97
Fig. 5	Differenti tipologie di griglie .....	108
Fig. 6	Quartiere di Von-Neumann.....	109
Fig. 7	Quartiere di Moore.....	109
Fig. 8	Illustrazione del movimento del pedone in 4 step consecutivi.....	110
Fig. 9	Movimento dei pedoni in celle esagonali.....	111
Fig. 10	Elementi generali di un modello agent-based .....	113
Fig. 11	Livelli di astrazione.....	118
Fig. 12	Livelli di astrazione.....	120
Fig. 13	Software per la modellazione ad agenti .....	127
Fig. 14	Modello “classico” di utilità aleatoria.....	169
Fig. 15	Modello integrato.....	176
Fig. 16	Schema decisionale.....	182
Fig. 17	Schema delle info fornite all’utente dal S.I. nelle diverse fasi dello spostamento	185
Fig. 18	Flow chart - Fase di spostamento Ingresso – Check-In .....	187
Fig. 19	Layout grafico dell’informazione fornita dal S.I .....	188
Fig. 20	Flow chart - Fase di spostamento Check-In - Controlli di sicurezza	189

---

Fig. 21	Flow chart - Fase di spostamento Controlli di sicurezza – Gate.....	190
Fig. 22	Prima informazione.....	206
Fig. 23	Seconda informazione.....	207
Fig. 24	Terza informazione .....	207
Fig. 25	Percentuale di diversione totale .....	208
Fig. 26	Percentuale di diversione “chi pareggia” .....	208
Fig. 27	Percentuale di diversione “chi pareggia” .....	209
Fig. 28	Istogramma delle percentuali di diversione .....	210
Fig. 29	Compliance– Ingresso – Check-in .....	211
Fig. 30	Percentuale di diversione “chi perde” .....	213
Fig. 31	Percentuale di diversione “chi pareggia” .....	214
Fig. 32	Percentuale di diversione totale .....	214
Fig. 33	Istogramma delle percentuali di diversione .....	216
Fig. 34	Istogramma della compliance .....	217
Fig. 35	Confronto Compliance.....	217
Fig. 36	Layout prima informazione.....	219
Fig. 37	Layout seconda informazione .....	220
Fig. 38	Layout terza informazione .....	220
Fig. 39	Percentuale di diversione “ $t_{\text{boarding}}=30\text{min}$ ” .....	221
Fig. 40	Percentuale di diversione “ $t_{\text{boarding}}=40\text{min}$ ” .....	221
Fig. 41	Percentuale di diversione “ $t_{\text{boarding}}=60\text{min}$ ” .....	222
Fig. 42	Percentuale di diversione totale .....	222
Fig. 43	Istogramma delle percentuali di diversione .....	223
Fig. 44	Istogramma della compliance .....	224

---

Fig. 45	Stralcio dell'indagine .....	226
Fig. 46	Confronto tra specificazione lineare e specificazione Box-Cox .....	235
Fig. 47	Peso relativo dei singoli attributi .....	236
Fig. 48	Framework del modello di scelta .....	240
Fig. 49	relazioni tra variabili, attributi e indicatori.....	240
Fig. 50	Confronto tra specificazione lineare e specificazione Box-Cox .....	248
Fig. 51	Peso relativo dei singoli attributi .....	249
Fig. 52	Stralcio dell'indagine .....	250
Fig. 53	Confronto tra specificazione lineare e specificazione Box-Cox .....	258
Fig. 54	Peso relativo dei singoli attributi .....	259
Fig. 55	Framework del modello di scelta .....	262
Fig. 56	relazioni tra variabili, attributi e indicatori.....	263
Fig. 57	Confronto tra specificazione lineare e specificazione Box-Cox .....	269
Fig. 58	Peso relativo dei singoli attributi .....	270
Fig. 59	Schema in merito alla disponibilità a pagare .....	276
Fig. 60	Layout I informazione.....	281
Fig. 61	Layout II informazione .....	282
Fig. 62	Layout III informazione .....	282
Fig. 63	Layout IV informazione.....	283
Fig. 64	Layout V informazione .....	284
Fig. 65	Layout VI informazione.....	285
Fig. 66	Layout VII informazione .....	286
Fig. 67	Layout VIII informazione .....	287
Fig. 68	Layout IX informazione.....	288

---

Fig. 69	Layout X informazione .....	289
Fig. 70	Layout XI informazione .....	290
Fig. 71	Layout XII informazione .....	291
Fig. 72	Layout XIII informazione .....	292
Fig. 73	Layout XIV informazione .....	293
Fig. 74	Stralcio dell'indagine .....	295
Fig. 75	Framework del modello di scelta .....	305
Fig. 76	relazioni tra variabili, attributi e indicatori.....	306
Fig. 77	Stralcio dell'indagine .....	311
Fig. 78	Peso relativo dei singoli attributi rispetto al costo .....	317
Fig. 79	Framework del modello di scelta .....	322
Fig. 80	relazioni tra variabili, attributi e indicatori.....	322
Fig. 81	Peso relativo dei singoli attributi rispetto al costo .....	327
Fig. 82	Curb dell'aeroporto di Napoli .....	340
Fig. 83	Andamento dei flussi di traffico annuali nell'aeroporto di Napoli ...	341
Fig. 84	Mappa parcheggi.....	343
Fig. 85	Planimetria piano terra.....	345
Fig. 86	Planimetria primo piano.....	346
Fig. 87	Schema a macroblocchi .....	355
Fig. 88	Confronto curve di generazione .....	357
Fig. 89	Interfaccia per cambio desk o gate in fase di running.....	361
Fig. 90	Modello di pressione temporale check-in .....	362
Fig. 91	Modello di pressione temporale controlli di sicurezza.....	363
Fig. 92	Modello di pressione temporale gate .....	365

---

Fig. 93	Modello a esaurimento.....	366
Fig. 94	Ubicazione delle sezioni di controllo.....	369
Fig. 95	Andamento dei flussi [pax/15 min] ai pre-filtri .....	370
Fig. 96	Andamento dei flussi [pax/15 min] ai varchi di sicurezza .....	370
Fig. 97	Andamento dei flussi [pax/60 min] ai pre-filtri .....	373
Fig. 98	Andamento dei flussi [pax/60 min] ai varchi di sicurezza .....	373
Fig. 99	Flow chart del modello .....	375
Fig. 100	Variazione del tempo totale (151 pax) .....	377
Fig. 101	Variazione del tempo medio (151 pax).....	377
Fig. 102	Variazione del tempo totale (100 pax) .....	378
Fig. 103	Variazione del tempo medio (100 pax).....	378
Fig. 104	Variazione del tempo totale (61 pax) .....	379
Fig. 105	Variazione del tempo medio (61 pax).....	379
Fig. 106	Variazione del tempo totale (51 pax) .....	380
Fig. 107	Variazione del tempo medio (51 pax).....	380
Fig. 108	Variazione del tempo totale (39 pax) .....	381
Fig. 109	Variazione del tempo medio (39 pax).....	381
Fig. 110	Variazione del tempo totale (31 pax) .....	382
Fig. 111	Variazione del tempo medio (31 pax).....	382
Fig. 112	Variazione del tempo totale (19 pax) .....	383
Fig. 113	Variazione del tempo medio (19 pax).....	383

---

## Indice delle tabelle

Tab. 1	Analisi dei costi delle soluzione RFID.....	60
Tab. 2	Analisi soluzione NFC .....	62
Tab. 3	Caratteristiche dei passeggeri e relazione con i comportamenti (Rozema 2017)	78
Tab. 4	Non-aeronautical revenue per passenger at ACI airports by world region, 2012 .....	85
Tab. 5	Proprietà degli agenti .....	125
Tab. 6	Software agent-based .....	128
Tab. 7	Principali differenze tra i tre approcci simulativi.....	132
Tab. 8	Schema degli scenari.....	191
Tab. 9	.....	213
Tab. 10	Rotte nazionali più trafficate con più di 50.000 passeggeri annui A/R (2016)	342
Tab. 11	Rotte europee più trafficate con più di 50.000 passeggeri annui (2016)	342
Tab. 12	Rotte extra-europee più trafficate con più di 50.000 passeggeri annui (2016)	342
Tab. 13	Desk check-in common di Ryanair, EasyJet e Alitalia .....	344
Tab. 14	Probabilità di usufruire delle strutture dell'aeroporto .....	353
Tab. 15	Tempi di permanenza.....	354

---

*Se sei in anticipo, sarà cancellato. Se sei puntuale, dovrai aspettare. Se sei in ritardo, sarà troppo tardi.*

(Arthur Bloch, Principio di Luposchinsky sui voli, La legge di Murphy II, 1980)

## **Motivazioni, sintesi e conclusioni**

Negli ultimi cinquant'anni, il trasporto aereo mondiale ha subito un incremento straordinario, nettamente superiore a quello conosciuto dagli altri modi di trasporto che ha implicato una profonda trasformazione del settore.

Oggigiorno infatti si va affermando, in maniera sempre più definita, un nuovo modello di società di gestione aeroportuale, che si avvicina all'idea di aeroporto commerciale che, oltre a tendere al continuo efficientamento dei servizi e delle attività, mira alla valorizzazione non solamente dei ricavi aviation, ma anche ai ricavi derivanti dalle attività non aviation.

Garantire un livello di servizio adeguato rispetto agli standard di qualità richiesti dai passeggeri e non, in termini di tempi di spostamento, spazi di movimentazione, servizi informativi, ridurre i costi relativi alla gestione delle risorse interne, incrementare le entrate commerciali sono solo alcune delle problematiche rilevanti che gli aeroporti, in un'ottica di aperta concorrenza e sostenibilità economica, si trovano a dover affrontare utilizzando precisi strumenti per la pianificazione strategica, tattica e per la gestione in tempo reale.

Nella gestione aeroportuale, diviene quindi, sempre più importante la capacità di creare innovazione e di produrre conoscenza, obiettivi che possono essere raggiunti grazie alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione all'utenza.

In un tale scenario quattro problematiche sembrano rilevanti:

- (i) la comprensione della potenziale disponibilità ad utilizzare sistemi informativi avanzati e intelligenti a supporto delle attività di spostamento casa-aeroporto-gate di imbarco;
- (ii) l'analisi e simulazione della disponibilità a pagare per avere sistemi informativi avanzati e intelligenti;
- (iii) l'analisi e simulazione dei comportamenti del passeggero in presenza di sistemi informativi finalizzati a ridurre i tempi di attesa e l'esperienza di viaggio;

- (iv) le modalità per validare e implementare le logiche comportamentali dei passeggeri aeroportuali in presenza di sistemi informativi avanzati.

Se da un lato si è registrato un indiscutibile passo in avanti nello sviluppo delle tecnologie dell'informazione supportate dalla rapida ascesa del cellulare come strumento principe nella comunicazione tra gli utenti, dall'altro non sono stati proposti validi tools per modellare le relazioni che legano i principi di funzionamento delle tecnologie alle reazioni degli utilizzatori, sia in termini di adozione/utilizzo del servizio, reso fruibile dalla tecnologia, sia in termini di disponibilità e seguire le indicazioni di un messaggio informativo veicolato mediante dispositivo mobile.

Da questo punto di vista non basta quindi individuare la tecnologia e quindi il mezzo più appropriato per erogare informazioni personalizzate, ma è necessario altresì definire il messaggio informativo, valutare il potenziale mercato, modellare la risposta dei destinatari (i passeggeri) a precisi input informativi nonché creare un ambiente virtuale dove poter rappresentare le scelte degli utenti del sistema.

L'obiettivo principale del lavoro di tesi è stato dunque quello di studiare e modellare i comportamenti degli utenti di un aeroporto in presenza di servizi di informazione avanzati all'interno del terminal aeroportuale ponendo particolare attenzione ai passeggeri in partenza. Gli elementi di interesse sono quattro:

- 1) lo studio comportamentale della propensione all'utilizzo di sistemi informativi avanzati da parte di utenti del sistema di trasporto aereo che rappresenta una novità nel panorama della letteratura scientifica internazionale;
- 2) lo studio comportamentale della propensione a seguire/accettare o meno l'indicazione fornita dal sistema informativo (compliance) da parte di utenti del sistema di trasporto aereo che rappresenta, anch'esso, una novità nel panorama della letteratura scientifica;
- 3) le analisi esplicite dell'incidenza di fattori psicologici e attitudinali nel processo decisionale (modelli ibridi a variabili latenti);

- 4) l'analisi di costo-efficacia , derivata del confronto tra modelli avanzati e formulazioni consolidate, inerente alla opportunità di ricorrere a soluzioni modellistiche più realistiche ma molto più complesse da calibrare.

Tutte le problematiche citate in precedenza sono state affrontate progettando e realizzando due distinte indagini con preferenze rivelate (SP) e specificando un sistema di modelli matematici finalizzati a simulare la propensione all'uso della tecnologia e a simulare la "compliance" verso informazioni di tipo prescrittivo nelle tipiche attività aeroportuali. Per ciascuna attività sono stati specificati modelli basati sulla teoria dell'utilità aleatoria. Oltre agli approcci largamente consolidati nell'ingegneria dei trasporti, sono state adottate, inoltre, specificazioni più complesse in grado di mettere in luce il peso delle attitudini personali all'interno del processo decisionale.

Obiettivo secondario del lavoro è consistito nella individuazione e specificazione di un ambiente di simulazione in grado di simulare realisticamente le attività del passeggero all'interno di un aeroporto ma anche in grado di tenere esplicitamente conto di logiche comportamentali avanzate e di sistemi informativi intelligenti.

Ad oggi, la maggior parte degli strumenti di simulazione si focalizza sulla descrizione delle attività vincolanti (check-in, controlli di sicurezza, imbarco) non considerando le attività discrezionali come l'utilizzo di altre strutture dell'aeroporto, la ristorazione o lo shopping. Tuttavia il contributo delle attività discrezionali è sempre più significativo sia in termini di bilancio aziendale sia in termini di influenza sui parametri di efficienza dell'aeroporto.

A tal fine, è stato specificato e validato un modello integrato di microsimulazione combinata del flusso dei passeggeri in partenza da un terminal aeroportuale. Benché in versione prototipale, la caratteristica fondamentale dell'ambiente di simulazione sviluppato (Anylogic) è rappresentata proprio dall'introduzione delle attività discrezionali, delle modalità di integrazione con le attività vincolanti e da un approccio simulativo che combina elementi tipici della simulazione ad eventi discreti con la filosofia della modellazione ad agenti applicandoli ad un caso reale.

# 1 Introduzione

## 1.1 Background e Motivazioni

Nella catena dei nodi di un sistema di trasporto, l'aeroporto rappresenta oggi un'entità chiave poiché garantisce collegamenti e scambi in tempi rapidi e, data la liberalizzazione del mercato del trasporto aereo, anche con costi molto più contenuti rispetto agli anni precedenti.

Negli ultimi cinquant'anni, il trasporto aereo mondiale ha subito un incremento straordinario, nettamente superiore a quello conosciuto dagli altri modi di trasporto. Pur risultando intrinsecamente instabile, perché molto sensibile ad eventi come guerre, attentati terroristici e recessioni economiche, la domanda di trasporto aereo è fortemente cresciuta nel tempo. Nel decennio 1966-77 il traffico aereo mondiale, in termini di passeggeri – km, è cresciuto ad un tasso medio annuo del 11,6%. Nel successivo decennio dal 1987 al 1997 il tasso è stato del 4.8%; fra il 1998 e il 2003 il tasso è stato del 2% circa.

Dal 2003 al 2013 il tasso di crescita è stato di circa il 6.2% e del 6.4% nel triennio 2014-2016. (IATA 2016)

Ogni giorno ci sono più di 3 miliardi di passeggeri annui (167 milioni solo in Italia) ed oltre 997.000 viaggi aerei giornalieri, ma se la crescita della domanda pone problemi a medio-lungo termine, legati soprattutto al superamento di barriere normative di natura ambientale, nel breve termine non si possono trascurare gli effetti che la liberalizzazione dei servizi di trasporto aereo ed il processo di privatizzazione degli scali aeroportuali stanno avendo sul mercato dell'aviazione stesso e sulle dinamiche aziendali.

La deregulation e l'entrata nel mercato delle compagnie low-cost hanno fatto crescere il livello di competizione tra le compagnie e l'orizzonte temporale della competizione stessa. La concorrenza si gioca sui nuovi collegamenti, sulle tariffe, sulla qualità dei servizi, sulla frequenza del servizio e, soprattutto, si gioca giorno

per giorno. Tutte queste modifiche impongono alle compagnie aeree un'attenta pianificazione tattica dei propri servizi (e.g. frequenze, tariffe, orari) ed uno sforzo di pianificazione strategica dei servizi e delle risorse per il futuro (e.g. aeroporti in cui concentrare i propri servizi, aeroporti di origine e di destinazione da servire, composizione e numerosità della flotta). Contemporaneamente, la privatizzazione degli scali sta lentamente trasformando l'aeroporto in un'azienda fornitrice di servizi a compagnie aeree, a utenti (viaggiatori) e non utenti. Se da una parte l'aeroporto deve essere in grado di attrarre compagnie aeree, fornendo servizi migliori, costi unitari minori e bacini di utenza adeguati, dall'altro deve essere in grado di attrarre e fidelizzare nuovi utenti mediante parcheggi, mobilità interna, accessibilità in ingresso, movimentazione dei bagagli, servizi accessori e più in generale garantendo una soddisfacente passenger experience.

Le attuali sfide che si pongono d'avanti alle società che gestiscono le strutture aeroportuali sono dunque molteplici a seconda dei diversi stakeholder interessati. Infatti si può mettere in evidenza come l'impostazione organizzativa e strategica delle società di gestione aeroportuale si stia sempre più indirizzando verso la piena valorizzazione dei rapporti con numerose tipologie di utenti e clienti, che vanno ben al di là della categoria dei vettori aerei, cui, per tradizione, le società di gestione hanno sempre rivolto la propria attività in una logica di produzione e secondo una impostazione di offerta. Si afferma, invece, in maniera sempre più definita nei suoi contorni, un nuovo modello di società di gestione, che si avvicina all'idea di aeroporto commerciale e che valorizza non solamente i ricavi aviation, ma anche quelli che derivano dalle attività non aviation.

Garantire un livello di servizio adeguato rispetto agli standard di qualità richiesti dai passeggeri e non, in termini di tempi di spostamento, spazi di movimentazione, servizi informativi, garantire un alto livello di sicurezza a fronte dei nuovi livelli di allerta imposti dalle tensioni geopolitiche e dal rischio terrorismo, ridurre i costi relativi alla gestione delle risorse interne, incrementare le entrate commerciali promuovendo l'acquisto di beni e servizi all'interno dell'aerostazione, sono solo alcune delle problematiche rilevanti che gli aeroporti, in un'ottica di aperta

concorrenza e sostenibilità economica, si trovano a dover affrontare utilizzando precisi strumenti per la pianificazione strategica e tattica e per la gestione in tempo reale.

Gestire un aeroporto è un compito gravoso che richiede una stretta collaborazione tra una moltitudine di operatori, enti e sistemi, in uno scenario operativo e legislativo caratterizzato da una incessante mutazione. Attività che vanno dalla pianificazione e gestione del personale, alla disseminazione dell'informazione, alla analisi delle performances, si intersecano ogni giorno nella loro diversità operativa, per il perseguimento di obiettivi comuni di qualità e redditività. In questo contesto evolutivo del sistema del valore aeroportuale, le infrastrutture ICT sono considerate un asset primario ed una leva strategica competitiva importante per le società di gestione degli aeroporti, gli handlers, le compagnie aeree e tutte le altre tipologie di operatori.

La pervasività della tecnologia e dell'ICT rappresenta oggi un elemento assolutamente assodato in tutti i settori produttivi, e con ancora maggiore intensità nel caso dei servizi aeroportuali. La gestione aeroportuale è caratterizzata, oggi giorno, da elevati livelli di ipercompetizione e da un processo di cambiamento sempre più rapido. Diviene, inoltre, sempre più importante la capacità di creare innovazione e di produrre conoscenza, che devono essere interpretate come capacità distintive di sistemi organizzativi di successo.

Lo sviluppo di sistemi informativi serve a soddisfare esigenze di tutti gli stakeholder coinvolti, incidendo anche sulle modalità e sull'efficacia di funzionamento dei sistemi aeroportuali. Lo sviluppo degli aeroporti nella direzione di luoghi di sosta in grado di offrire servizi qualificati ai passeggeri, alle merci ed ai mezzi, e non più, quindi, semplici infrastrutture per l'atterraggio, il decollo e la sosta degli aeromobili, rappresenta sicuramente un elemento di cui tenere conto.

Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione contribuiscono allo sviluppo delle imprese favorendone l'innovazione. Innovare significa creare nuovi prodotti o servizi e nuovi processi, con l'obiettivo di ottenere una differenziazione competitiva, ma anche intervenire sui processi esistenti per migliorarne l'efficienza e ciò

comporta, oltre all'introduzione di nuove tecnologie, lo sviluppo di soluzioni e modelli per implementare e gestire i sistemi informativi all'interno dei sistemi aeroportuali.

Questo consentirebbe, inoltre, di identificare e progettare le soluzioni informatiche in grado di anticipare e soddisfare i bisogni del business e contribuire allo sviluppo della redditività e del valore dell'azienda, indirizzando la spesa IT verso attività strategiche di maggiore peso per il business.

In questo contesto, particolare attenzione va posta ai servizi informativi offerti all'utenza. Tali servizi possono essere inquadrati sia in un'ottica di semplice miglioramento della customer satisfaction erogando una serie di messaggi informativi volti ad assistere il passeggero durante il periodo di permanenza all'interno del terminal, sia in un'ottica funzionale al raggiungimento di precisi obiettivi aziendali. L'informazione infatti può costituire un importante strumento per orientare nello spazio e nel tempo i flussi pedonali, attuando di fatto politiche di gestione della domanda indirizzate alla riduzione dei picchi di carico e all'incremento delle non-aviation revenue.

L'individuazione e l'utilizzo di modelli descrittivi e predittivi efficaci e, allo stesso tempo, efficienti rappresenta un passaggio fondamentale per la messa a punto di strumenti a supporto delle decisioni, sia delle compagnie aeree e sia degli imprenditori privati interessati alla gestione degli scali aeroportuali.

## **1.2 Research problem**

Come sopra esposto, alla crescita della domanda di voli e al conseguente sviluppo del mercato dell'aviazione, non corrisponde uno sviluppo degli strumenti per supportare il cambiamento in maniera ottimale. L'eterogeneità delle attività disponibili per i passeggeri, il regime più concorrenziale in cui si trovano a dover operare gli scali, il proliferare di nuove tecnologie per la comunicazione e le esigenze di monitoraggio dell'utenza impongono agli aeroporti di dotarsi di appositi strumenti

per armonizzare tutti questi aspetti all'interno della pianificazione tattica-operativa dello scalo.

Infatti se da un lato si è registrato un indiscutibile passo in avanti nello sviluppo delle tecnologie dell'informazione che ha a sua volta determinato la rapida ascesa del mobile come strumento principe nella comunicazione tra gli utenti, dall'altro non sono stati proposti validi tools per modellare le relazioni che legano i principi di funzionamento delle tecnologie alle reazioni degli utilizzatori, sia in termini di adozione/utilizzo del servizio, reso fruibile dalla tecnologia, sia in termini di disponibilità e seguire le indicazioni di un messaggio informativo veicolato mediante dispositivo mobile.

Da questo punto di vista non basta quindi individuare la tecnologia e quindi il mezzo più appropriato per erogare informazioni personalizzate, ma è necessario altresì definire il messaggio informativo, valutare il bacino di utenza, modellare la risposta dei destinatari (i passeggeri) a precisi input informativi nonché creare un ambiente virtuale dove poter rappresentare e valutare le scelte degli utenti del sistema.

### **1.3 Obiettivi della ricerca**

Il presente lavoro di ricerca si pone i seguenti obiettivi:

- [obiettivo - i] Definire un dettagliato stato dell'arte sull'attuale contesto tecnologico e sugli approcci di analisi.**
- [obiettivo - ii] Analizzare e modellizzare i comportamenti di utenti del sistema di trasporto aereo in presenza di sistemi informativi avanzati.**
- [obiettivo - iii] Investigare l'approccio di simulazione più adatto per inglobare logiche comportamentali avanzate all'interno di un modello di simulazione dinamico di un terminal aeroportuale.**
- [obiettivo - iv] Investigare su casi studio semplici la utilità/opportunità di fornire informazioni intelligenti agli utenti di un aeroporto.**

Il messaggio informativo è strettamente legato ai bisogni di informazione avvertiti dall'utenza durante il processo di imbarco. Tali bisogni possono riguardare la sfera temporale (es. tempo che si ha a disposizione prima dell'imbarco), la sfera spaziale (es. informazioni di wayfinding per raggiungere una data struttura all'interno del terminal) e la sfera commerciale (es. informazioni su sconti e iniziative commerciali). Come risulta facile intuire le sopracitate tipologie di informazione possono risultare determinanti nella definizione della passenger experience e individuare l'importanza di esse per ogni tipo di passeggero e per ogni fase dello spostamento, nonché il miglior vettore tecnologico per veicolarle agli utenti è elemento imprescindibile per orchestrare precise strategie di comunicazione.

Come comunicare con l'utenza in maniera efficace ed efficiente è un'altra questione da prendere in seria considerazione. La comunicazione può essere di tipo passivo o attivo. Rientrano nella prima tipologia l'insieme dei canali comunicativi che erogano informazioni agli utenti in maniera indifferenziata e diffusa come pannelli a messaggio variabile, display units, sistemi di diffusione sonora, sito web, info in app etc. Di tipo attivo invece sono quei sistemi che prevedono l'interazione diretta con l'utente: call center, chioschi informativi, chatboot etc. Ci sono poi dei sistemi che è possibile definire ibridi, ovvero dei sistemi che comunicano unilateralmente con degli utenti profilati e georeferenziati all'interno del terminal fornendo loro un set di informazioni sulla base di specifici parametri (interessi, orario di partenza, posizione, fase di spostamento, etc.). Tali sistemi sembrano rappresentare il futuro della comunicazione all'utenza e vedono nella tecnologia mobile, mediante apposite app, il naturale vettore per l'erogazione del messaggio. Ma pur considerando la condizione ipotetica di consapevolezza di tutti gli utilizzatori del sistema aeroportuale di un sistema in grado di erogare informazioni personalizzate en-route, non è detto che la totalità dei passeggeri sia disposta, o trovi confortevole l'utilizzo dell'infrastruttura (che potrebbe prevedere dei costi di acquisizione da parte del passeggero) per usufruire dei servizi erogati dal sistema informativo. Comprendere i fattori che influenzano i tassi di penetrazione (market penetration) di tali servizi tra

i passeggeri rappresenta una conditio sine qua non per la valutazione degli impatti relativi all'adozione delle suddette tecnologie comunicative.

L'informazione, oltre a costituire un mattone importante per la costruzione della passenger experience, può altresì rappresentare un efficace strumento per modificare la condotta dei passeggeri al fine di migliorare alcuni indicatori di performance (KPI) dell'aeroporto, come il tempo speso in coda o il grado di occupazione delle aree. Per rispondere a tali obiettivi è tuttavia necessario analizzare ed essere in grado di prevedere la risposta dei passeggeri a precisi input informativi veicolati mediante dispositivi mobili. In letteratura si indica con il termine "compliance" la propensione dell'utente di un sistema di trasporto a seguire le indicazioni (prescrittive) di un sistema informativo. Lo studio della compliance e degli attributi che la determinano rappresenta un elemento cardine della seguente ricerca.

Altro obiettivo della ricerca è quello di realizzare un modello di microsimulazione pedonale in grado di poter rappresentare nel dettaglio le singole operazioni del passeggero.

Le tecniche attualmente utilizzate per la progettazione e la gestione delle strutture aeroportuali non sono sufficienti per fornire soluzioni appropriate. I dati empirici e gli approcci rule-of-thumb (regola del pollice) sono estremamente semplici, basati principalmente su ipotesi grossolane e generalizzate e improbabili per ottenere soluzioni efficaci per problemi complessi in un ambiente dinamico come il terminal dell'aeroporto (Lemer, 1988). Per contro, i modelli di simulazione costituiscono uno strumento per la preparazione di valutazioni economico finanziarie, per capire, decidere e verificare, l'impatto di decisioni sui risultati. L'uso di modelli consente di sviluppare capacità di applicazione per elaborare efficaci analisi a sostegno di decisioni e di piani operativi. I casi di studio e la loro analisi sviluppata attraverso l'elaborazione di modelli permettono di identificare le migliori soluzioni, determinandone i risultati attraverso la definizione delle variabili decisionali e delle loro relazioni.

Un modello di simulazione del flusso di passeggeri all'interno di un terminal aeroportuale è uno strumento molto utile in quanto è in grado di fornire una serie di

indicazioni indispensabili per descrivere il sistema allo stato attuale (lunghezze delle code, colli di bottiglia, livello generale del servizio offerto etc.) e a valle di un certo intervento sul sistema stesso.

La modellazione dei sistemi aeroportuali diventa quindi molto importante per:

- Analizzare le prestazioni o il livello di servizio di un sistema esistente;
- Pianificare l'utilizzo delle risorse in funzione di un dato scheduling dei voli (analizzando un dato programma di voli è possibile stimare il numero di passeggeri che utilizzeranno l'aeroporto e quindi il grado di utilizzo delle strutture e delle risorse);
- Valutare l'effetto di modifiche del sistema prima che queste siano poste effettivamente in essere.

Con l'obiettivo, quindi, di valutare in che misura la compliance media degli utenti incide sui tempi di processamento dei passeggeri in una fase di spostamento, è stata realizzata un'applicazione semplificata caratterizzata da un'unica unità "servente" tipica dei servizi aeroportuali (check-in, controlli di sicurezza, imbarco).

La finalità è duplice. Da un lato validare la possibilità di implementare logiche comportamentali all'interno del modello di simulazione dinamico; dall'altro condurre un'analisi di sensitività rispetto al grado di compliance medio ottimale per ridurre il tempo di attesa in coda e il tempo totale di permanenza nel sistema.

## **1.4 Contributo della ricerca**

Le problematiche ora espone sono state affrontate nel presente lavoro di tesi adottando sia metodologie consolidate in letteratura e nella pratica tecnica, sia approcci più avanzati che rispecchiano la complessità dei fenomeni che si intendono rappresentare. In particolare per lo studio della market penetration e della compliance sono state progettate e realizzate apposite indagini i cui risultati sono

stati utilizzati per specificare e calibrare modelli di scelta con l'obiettivo di studiare e analizzare gli indicatori sopracitati.

L'approccio adottato è stato duplice. Da un lato sono stati utilizzati i classici paradigmi di scelta, largamente diffusi nella letteratura tecnica e dall'altro, questi ultimi sono stati utilizzati come modelli di benchmark per specificazioni "avanzate" per riuscire a cogliere attitudini e percezioni non direttamente osservabili ma che comunque possono influenzare il giudizio dei decisori in un contesto decisionale complesso come quello di un terminal aeroportuale. Tali approcci consistono nell'applicazione dei modelli ibridi a variabili latenti (Hybrid Model with Latent Variables). Questa classe di modelli, sebbene molto nota in letteratura non ha ancora visto una larga diffusione nello studio della market penetration e della compliance e risulta ancor meno utilizzata in ambito aeroportuale.

In merito al modello di simulazione, ad oggi, la maggior parte degli strumenti simulativi si focalizzano sulla descrizione delle attività vincolanti (check-in, controlli di sicurezza, imbarco) non considerando le attività discrezionali come l'utilizzo di altre strutture dell'aeroporto, la ristorazione o lo shopping. Tuttavia, come sottolineato anche da Graham(2013), attualmente le entrate non aeronautiche derivanti dall'espletamento di attività non vincolanti rappresentano una cospicua aliquota del bilancio economico del terminal e inoltre possono influenzare notevolmente (molte volte in negativo) i parametri di efficienza dell'aeroporto. Pertanto, la caratteristica fondamentale dell'ambiente simulativo sviluppato è rappresentata proprio dall'introduzione delle attività discrezionali e delle modalità di integrazione con le attività vincolanti.

## **1.5 Outline della tesi**

Il lavoro è articolato nei seguenti capitoli:

Nel primo capitolo viene riportata un'introduzione del lavoro di ricerca evidenziando il contesto di ricerca, gli obiettivi della tesi e i contributi presenti nel seguente lavoro

Nel secondo capitolo viene riportato un ampio e dettagliato stato dell'arte su:

- le tecnologie attualmente in uso all'interno dei terminal aeroportuali per l'interazione e il monitoraggio dell'utenza;
- le attività del passeggero all'interno di un terminal aeroportuale
- i modelli di simulazione esistenti in letteratura per simulare il deflusso pedonali;
- i modelli di simulazione per rappresentare il funzionamento di un terminal aeroportuale e le attività dei passeggeri;
- i modelli di compliance esistenti in letteratura e relativi alla fornitura di servizi avanzati di informazione al passeggero (Advanced Passenger Information System)

Nel terzo capitolo viene riportato l'inquadramento metodologico dei modelli decisionali per la simulazione dei comportamenti di scelta degli utenti di un sistema di trasporto

Il quarto capitolo è dedicato all'analisi della propensione degli utenti di un terminal a seguire o meno le indicazioni fornite dal sistema informativo.

Nel quinto capitolo vengono descritte le attività di indagine per lo studio della market penetration di un sistema informativo basato sull'erogazione del messaggio tramite app su smartphone.

Nel sesto capitolo viene descritto il processo di costruzione di un modello di microsimulazione pedonale applicato ad un caso studio reale. Il terminal oggetto di studio è stato quello dell'aeroporto internazionale di Napoli.

La tesi termina con un capitolo conclusivo nel quale vengono sintetizzati i risultati della ricerca.

## 2 Stato dell'arte

Nel presente capitolo viene riportato un ampio e dettagliato stato dell'arte su:

- le tecnologie attualmente in uso all'interno dei terminal aeroportuali per l'interazione e il monitoraggio dell'utenza;
- le attività del passeggero all'interno di un terminal aeroportuale
- i modelli di simulazione descritti in letteratura per descrivere gli spostamenti dei flussi pedonali;
- i modelli di simulazione per rappresentare il funzionamento di un terminal aeroportuale e le attività dei passeggeri;
- i modelli per l'analisi dei modelli di compliance.

### 2.1 Le tecnologie passenger-oriented

Le tecnologie passenger-oriented, messe in campo dalle compagnie aeree e dalle strutture aeroportuali, dopo la rivoluzione informatica degli anni '90 stanno assumendo via via maggiore importanza attraendo un'aliquota sempre maggiore degli investimenti delle compagnie e degli scali stessi. Nel 2015 molti CIO hanno visto il loro budget di spesa in IT aumentato di una quota superiore rispetto al tasso di crescita dei ricavi. A seguito delle attuali tensioni internazionali e della minaccia del terrorismo, gli investimenti hanno riguardato in special modo l'aspetto security (SITA Airport IT Trends Survey 2016).

In merito agli investimenti specifici per i prossimi tre anni, diverse strutture aeroportuali hanno dichiarato di voler investire in device per l'erogazione di servizi in modalità self-service e, data la maggiore disponibilità di dati, in tecnologie mobili per lo sviluppo del business di prossimità.

Altre iniziative riguardano lo sviluppo di soluzioni per il way-finding<sup>1</sup> interattivo, il riconoscimento biometrico, servizi di cloud computing, digital tag e droni (SITA Airport IT Trends Survey 2016).

Allo stato attuale le tecnologie passenger-oriented possono sostanzialmente essere classificate in tecnologie per l'erogazione dei servizi self-service (check-in, servizi informativi, m-commerce) e tecnologie per il monitoraggio dell'utenza.

Le prime possono essere fisse (al terminal o da casa) o mobili, mentre le seconde possono essere di tipo statico come telecamere, sezioni di controllo oppure di tipo mobile basate sulla geolocalizzazione indoor.

Nei paragrafi successivi verranno descritte le principali tecnologie messe in campo in ambito aeroportuale per l'erogazione dei servizi all'utenza e per il monitoraggio dei passeggeri.

### **2.1.1 Tecnologie per l'erogazione dei servizi self-service**

La necessità degli aeroporti di ottimizzare lo spazio a disposizione, e delle compagnie aeree di abbattere i costi di gestione sta sempre più favorendo l'uso di tecnologie self-service (SST) relativamente ai servizi forniti al passeggero (Castillo et al 2013).

I recenti sviluppi tecnologici nel settore dei servizi hanno condotto ad una diversa erogazione degli stessi da una modalità face-to-face ad una self-service permettendo ai clienti di soddisfare autonomamente le proprie esigenze. Tali tecnologie hanno attirato un gran numero di aziende che vedono in esse un'opportunità per uniformare la fruizione dei servizi, ridurre i costi, ampliare la fornitura dei servizi e migliorare

---

<sup>1</sup> Con il termine wayfinding si indica l'ambito di ricerca che identifica i modi con cui le persone si orientano all'interno dello spazio fisico allo scopo di spostarsi da un luogo a un altro, in relazione ai meccanismi di percezione sensoriale dell'ambiente e alle condizioni qualitative dell'ambiente che le circonda. In particolare, il tema del wayfinding trova la sua ottimale declinazione in presenza di edifici caratterizzati da condizioni di contesto complesse (per planimetria, tipologia di utenza ecc...), in cui l'interazione individuo-ambiente risulta svilupparsi secondo dinamiche molteplici e molto articolate. (Carattin et al , 2010)

l'efficienza e la qualità delle prestazioni e delle operazioni di customer-facing<sup>2</sup> (Castillo et al 2013).

A seguito di una definizione comunemente accettata, le tecnologie self-service (SST) consistono in delle interfacce che consentono al cliente di produrre un servizio senza il diretto coinvolgimento di un dipendente del servizio (vedi Meuter et al, 2000 e Lin & Hsieh, 2007 per le definizioni generali di SST e Colonia & Willner, 2004, Saleem, Beaudry e Croteau, 2011 per l'analisi delle SST in specifici campi).

L'uso delle SST offre vantaggi sia per le aziende che forniscono il servizio che per i fruitori. Dal punto di vista aziendale, l'uso delle SST può incentivare la produttività e l'efficienza e ridurre o evitare alti costi operativi (Castillo et al 2013). Allo stesso tempo, le SST possono trasformare i clienti in co-produttori del servizio stesso (Gelderman et al., 2011) e quindi fornire loro vantaggi in termini di:

- convenienza del servizio;
- disponibilità;
- risparmio di tempo e denaro. (Cunningham, Young, & Gerlach, 2008)

Esse offrono anche più opzioni di pagamento e maggiore privacy e controllo delle transazioni, rispetto ad un sistema di pagamento tradizionale.

L'implementazione delle SST non è tuttavia un investimento privo di rischio per le società di distribuzione dei servizi. In primo luogo perché esse rappresentano un importante investimento iniziale, in termini di device e innovazione organizzativa (Beatson et al 2007), e in secondo luogo perché, il successo dell'iniziativa dipende, in modo significativo, dall'accettazione<sup>3</sup> dei passeggeri, la quale accettazione è fortemente influenzata dalla completezza delle informazioni fornite, e da una chiara

---

<sup>2</sup> Il customer-facing fa riferimento a quelle politiche che descrivono come interagire con i clienti

<sup>3</sup> Negli ultimi dieci anni, i ricercatori hanno cercato di ideare, validare empiricamente ed estendere vari modelli di accettazione delle tecnologie dell'informazione. Di questi, il modello proposto da Davis ed i suoi colleghi nel 1989 (TAM) è uno dei modelli di adozione della tecnologia a livello individuale più ampiamente applicato.

politica di sostegno post-acquisto (Holguín-Veras e Preziosi 2011, Liljander et al., 2006, Meuter et al., 2003, Oh et al., 2013)

Nel mercato del trasporto aereo, i passeggeri possono utilizzare le SST per usufruire di servizi:

- aeroportuali (check-in, riconoscimento);
- informativi;
- commerciali (acquisto di beni e servizi).

Tali servizi possono essere erogati da dispositivi fissi (in aeroporto o da casa) o da dispositivi mobili tramite apposite app o attraverso strategie di social networking.

#### 2.1.1.1 I chioschi

I chioschi all'interno del terminal possono essere utilizzati dai passeggeri per prenotare prestazioni accessorie come il fast-track o l'ingresso nei vip-lounge oppure per reperire specifiche informazioni sulla struttura aeroportuale o sullo specifico volo.

Questi dispositivi possono fornire tanto ai clienti che ai dipendenti informazioni esterne come alberghi, noleggio auto, tour e tutte le altre formazioni generali (Abdelaziz, 2010) oppure più comunemente vengono utilizzati per effettuare il check-in (Drennen, Hannah 2011).

Proprio check-in on line o registrazioni a chioschi self-service stanno guadagnando terreno rispetto al classico check-in allo sportello della compagnia. (SITA Airport IT Trends Survey 2016).

Nel 1995 la Continental Airlines introdusse per prima la possibilità di effettuare in autonomia il check-in presso l'aeroporto internazionale di Newark Liberty in New Jersey e nel 1999 la Alaska Airlines fu la prima a introdurre il web check-in (Drennen, Hannah 2011).

Già nel 2008 l'American Airlines contava più di 700 chioschi in 27 tra i principali aeroporti degli Stati Uniti. La United Airlines 1.200 chioschi in 35 aeroporti americani e altre importanti compagnie come America West, Continental, Delta

contavano tra i 200 e i 1000 chioschi per il check-in automatico presso i grandi aeroporti statunitensi.

Ad oggi i chioschi per il check-in automatico sono presenti in quasi tutti gli aeroporti del mondo e, sempre più frequentemente, stanno comparando appositi chioschi per la presa in consegna dei bagagli da imbarcare all'interno o all'esterno dell'edificio aeroportuale.

Stando alle ultime statistiche, circa il 90% dei passeggeri prenota il proprio volo utilizzando tecnologie self-service e più della metà dei viaggiatori effettua il check-in autonomamente (SITA passenger IT survey 2017).

L'attuale tendenza è, inoltre, quella di integrare all'interno dei chioschi anche servizi per il download di contenuti multimediali e servizi per il completamento di transizioni commerciali. (SITA Airport IT Trends Survey 2016).

L'adozione di chioschi per il check-in automatico non è però priva di insidie. Infatti la sostituzione dei banchi per la registrazione potrebbe, ad esempio, creare apprensione per coloro che non hanno sufficiente esperienza tecnologica e la conseguente riduzione di personale fisico porterebbe ad una minor interazione con la clientela ledendo l'immagine friendly dell'azienda. La conoscenza quindi del profilo del passeggero è condicio sine qua non per il buon esito dell'introduzione di dinamiche self-service.

Diversi studi mostrano come i giovani sotto i 30 anni siano molto più propensi all'utilizzo di dispositivi self-service per il check-in rispetto ai classici banchi (Castillo et al 2013).

Gli stessi autori hanno evidenziato come i passeggeri di sesso femminile e i passeggeri con un alto livello di istruzione sono più disposti a effettuare il check-in presso appositi chioschi self-service. Per quanto riguarda il livello di reddito esso sembra non giocare nessun ruolo nella scelta, mentre i viaggiatori per svago e non abituali sono quelli che richiedono maggior assistenza e più favorevoli al contatto umano rispetto ai viaggiatori frequenti o per business.

Tuttavia anche i chioschi per il check-in self service stanno ormai perdendo terreno a favore di check-in on line prima di arrivare in aeroporto o anche all'interno utilizzando applicazioni specifiche per smartphone e tablet (Castillo et al 2013).

Altro fattore interessante sulla disponibilità a usare procedure self-service è l'influenza della compagnia aerea e l'orario di arrivo in aeroporto. I vettori low-cost in molti casi non posseggono sportelli o ne hanno un numero limitato e applicano una politica economica per disincentivare la tendenza dei passeggeri a ricercare un supporto umano (Castillo et al 2013), allo stesso modo i passeggeri che arrivano con poco anticipo rispetto all'orario di imbarco tendono a usare maggiormente le SST (Castillo et al 2013).

In sintesi gli utenti dei banchi check-in sono più spesso viaggiatori occasionali, che effettuano più scali, che volano su compagnie aeree tradizionali o compagnie low-cost non eccessivamente aggressive, che trascorrono lunghi periodi fuori casa (portano con se una grande quantità di bagagli) e si spostano con l'autobus. Tipicamente la scarsa fiducia nei confronti delle SST è dovuta dalla mancanza di competenze tecnologiche (minor grado di istruzione) e dalla necessità di interazione con persone fisiche (passeggeri più anziani).

Stando alle conclusioni di Castillo et al (2013) altri fattori che potrebbero portare una più rapida diffusione dei dispositivi SST sono:

- annunci o campagne pubblicitarie mirate;
- l'uso di una grafica accattivante, coerente e concisa;
- l'adozione di politiche di incentivazione con erogazione di miglia-volo bonus per coloro che usano check-in automatici;
- l'installazione dei chioschi self-service nei pressi dei nastri trasportatori dei bagagli così da favorire l'uso anche a coloro che viaggiano con bagagli da stiva.

In definitiva quindi un piano di aggiornamento e estensione dei servizi basati su tecnologia SST non può prescindere da un'attenta politica di transizione mirante ad aumentare il grado di confidenza tra passeggeri e tecnologia self-service

### 2.1.1.2 Il personal computer

La crescita e la diffusione di internet e dei personal computer negli anni '90 hanno offerto l'opportunità senza precedenti, alle compagnie aeree, di coinvolgere e comunicare con i clienti in un modo nuovo, flessibile e proattivo (Buhalis 2004; Jarach, 2002).

L'industria aerea sembra essere intrinsecamente adatta all'e-commerce in quanto si trova sempre a dover smistare un prodotto deperibile ad un gran numero di acquirenti geograficamente dispersi (Shapiro e Varian, 1998).

I primi siti web delle compagnie aeree (American Airlines, Braathens, EasyJet, Ryanair, Southwest Airlines) sono apparsi agli inizi del 1990 e inizialmente hanno agito come semplici riproduttori, in formato elettronico, di informazioni sui percorsi, orari etc. Non c'era alcuna possibilità di interagire con il sito né tanto meno effettuare o gestire prenotazioni. In un lasso di tempo relativamente breve, i siti web delle compagnie aeree, si sono evoluti in sistemi di prenotazione altamente flessibili, interattivi e sicuri, e strumenti di comunicazione essenziali.

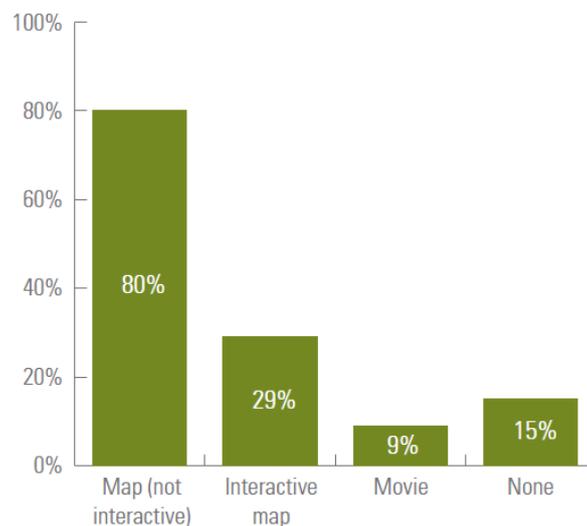


Fig. 1 Servizi offerti dai siti internet delle maggiori compagnie aeree del mondo (ACI 2013 – Airport Service quality. Best Practice Report-Airport Wayfinding)

Nel 1995, EasyJet, vettore low-cost britannico, ha lanciato easyjet.com come portale di informazione. Nel 1998, il sito è stato sviluppato per gestire le prenotazioni con uno sconto £2,50 su ogni volo di sola andata come un incentivo per incentivare i clienti ad effettuare le prenotazioni dei voli online. Nel 2000, oltre il 90% delle prenotazioni di EasyJet sono state effettuate sul sito e sono state introdotte versioni in lingua straniera a beneficio dei clienti non di lingua inglese (Budd e Vorley 2013). Oltre a consentire ai passeggeri di riservare i propri voli, molte compagnie aeree sono entrate in rapporti di marketing con altri fornitori di servizi di viaggio, per generare ulteriori entrate accessorie. Esse hanno messo a disposizione la propria piattaforma web per pubblicizzare servizi di noleggio auto, hotel, pacchetti vacanza e altri servizi offerti da operatori terzi. Inoltre, l'utilizzo dei cookie dei siti web, ha permesso di raccogliere le preferenze dei singoli clienti spianando, di fatto, la strada allo sviluppo di nuove relazioni (elettroniche) di marketing con l'utenza (Budd e Vorley 2013).

Internet ha permesso ai vettori aerei di introdurre una serie di innovazioni come la sostituzione dei biglietti aerei convenzionali con ticket elettronici, o il check-in online. La United Airlines ha emesso il primo biglietto elettronico nel 1994, e da allora le compagnie di tutto il mondo hanno seguito lo stesso esempio. Internet, inoltre, ha incentivato l'introduzione di sistemi di gestione delle entrate reattivi, che hanno permesso alle tariffe di cambiare, spesso in modo sostanziale, a seconda della domanda (Budd e Vorley 2013).

Gli svantaggi legati all'enorme quantità di informazioni, tuttavia, comprendono il rischio di una ridotta fedeltà al marchio (i passeggeri possono di volta in volta confrontare facilmente i prezzi e selezionare le opzioni più economiche), e la possibilità di ricevere recensioni negative che possono essere pubblicate su blog e social media (Budd e Vorley 2013).

### 2.1.1.3 La tecnologia mobile

L'adozione di applicazioni mobili da parte delle compagnie aeree rappresenta il logico passo successivo nell'evoluzione dei loro sistemi ICT (Budd e Vorley 2013). Smartphone<sup>4</sup>, tablet PC e, wearable device, dispositivi ottici di realtà aumentata saranno i vettori privilegiati per l'erogazione dei servizi informativi all'utenza.

Smartphone, tablet PC, wearable device, dispositivi ottici di realtà aumentata sono in grado di ridefinire l'esperienza nell'aeroporto e ampliare le possibilità dei passeggeri creando un'impostazione più "consumatore-centrica" verso l'uso della tecnologia (Budd e Vorley 2013).

Come già notato da Balasubraman et al. (2002), le tecnologie mobili hanno rapidamente cambiato il modo in cui le persone interagiscono, sia tra loro che con i marchi che utilizzano, ed hanno anche creato nuove piattaforme dalle quali possono essere eseguite nuove forme di attività on-line. La loro diffusione rapida e le implicazioni socio-culturali hanno reso queste nuove tecnologie oggetto di dibattito e studio accademico. L'internet mobile è stato utilizzato per la prima volta in Giappone alla fine degli anni '90 e ha guadagnato popolarità nell'ambito della ricerca di informazioni di viaggio verso la fine degli anni 2000 (Okazaki e Hirose, 2009).

Nel 2009 alcuni aeroporti, tra i quali l'aeroporto di Dallas Fort Worth negli Stati Uniti (DWF,2009) e l'aeroporto di Parigi in Francia (Aeroport de Paris,2009) hanno cominciato a sviluppare per primi servizi pensati per dispositivi mobili.

I servizi mobili differiscono dai servizi tradizionali in quanto non sono delimitati da vincoli temporali o spaziali e fattori come lo sviluppo e la diffusione del segnale internet wireless e della connettività 3G, la maggiore interattività legata ad un

---

<sup>4</sup> Il termine "smartphone" è apparso per la prima volta nel 1997 per descrivere un telefono cellulare che era stato prodotto da Ericsson. Anche se non esiste una definizione esaustiva di ciò che costituisce uno "smartphone", la maggior parte dei commentatori concordano sul fatto che gli smartphone si distinguono dai tradizionali cellulari di prima generazione per la possibilità di eseguire programmi applicativi avanzati che consentono agli utenti di installare ed eseguire applicazioni software di terze parti tramite una rete wireless o cellulare, senza ricorrere a un PC.

coinvolgimento in real time dell'esperienza commerciale e la condivisione di tale esperienze tramite i social network, hanno rivoluzionato il modo di comunicare delle aziende con i propri o con potenziali consumatori, che nell'effettuare le loro scelte commerciali sono facilitati dall'uso di dispositivi mobili costantemente connessi (Budd e Vorley 2013).

Questi nuovi servizi o applicazioni mobili non solo sono strumenti di comunicazione che guidano i passeggeri all'interno del terminal, ma sono anche oggi utilizzati per personalizzare l'esperienza dei passeggeri e per lo sviluppo di nuove strategie commerciali per incrementare i ricavi (Munneke, 2014).

Fino all'introduzione di iPhone da parte di Apple nel 2007, il concetto di smartphone e le possibilità di comunicazione associate a loro non erano chiaramente definiti, ne universalmente riconosciuti<sup>5</sup>. Da allora, il numero degli utenti di smartphone, così come le nuove applicazioni che hanno reso più accessibili informazioni su Internet, sono aumentate in modo esponenziale. Gli aeroporti hanno beneficiato di questa tendenza e, in particolare, l'e-commerce è diventata un area di potenziale espansione futura (Martin Domingo et al 2016). Queste applicazioni consentono agli aeroporti non solo di fornire agli utenti ulteriori servizi informativi e di wayfindig, ma anche di vendere servizi commerciali direttamente ai clienti, come i ticket per il parcheggio, servizi di noleggio auto, vendita di alimenti e bevande, ticket di accesso ai vip lounge o qualsiasi altra attività complementare offerta nell'aeroporto (Halpern e Graham, 2013).

Sebbene l'utilizzo di personal computer rimanga un pilastro cardine della rivoluzione informatica, è altresì innegabile che il passaggio ad una tecnologia mobile ha permesso ad una più ampia platea l'accesso ad una serie di servizi informativi e commerciali. Il nuovo fenomeno dell'm-commerce (commercio attraverso dispositivi mobili), che si fonda intorno all'idea che l'accesso a internet o a reti locali sia immediato e gli individui siano sempre connessi, sta diventando

---

sempre più importante in molti settori economici, e non da ultimo quello trasportistico (Senn, 2000) e, in particolare, nella:

- gestione delle transazioni (selezione, acquisto e consegna di un prodotto o servizio);
- distribuzione di contenuti digitali (es. previsioni meteo in tempo reale, risultati di calcio, quotazioni di borsa o tempi di arrivo del volo);
- telemetria o geo-posizione (utilizzando la tecnologia satellitare per localizzare persone e fornire servizi di navigazione).

Inizialmente lo sviluppo delle applicazioni è stato focalizzato essenzialmente su giochi, social media e networking market, adesso però, molte aziende, stanno riconoscendo che non solo le tecnologie mobili offrono loro la possibilità di impegnarsi in modo più produttivo e redditizio verso i propri clienti, ma anche che i servizi digitali mobili permettono alle persone di confrontare prodotti, prezzi e servizi, lasciando recensioni. Essi hanno alternato le modalità di interazione tra i consumatori e il marchio. Il risultato è che le aziende stanno sempre più investendo nella tecnologia mobile, utilizzandola come strumento per raccogliere informazioni sulle vendite e sulle preferenze dei clienti al fine di utilizzare queste informazioni per inviare comunicazioni commerciali mirate nel tentativo di veicolare gli acquisti. In ambito aeroportuale, nel tentativo di migliorare l'esperienza dei passeggeri e mantenere la fedeltà dei clienti, le principali compagnie aeree sono in prima linea nella corsa allo sviluppo di tecnologie mobili sempre più "avvolgenti", in grado di gestire le prenotazioni, distribuire contenuti digitali (ad esempio fornendo dati in tempo reale su orari di arrivo/partenza e ritardi, informazioni sui gate di partenza, promozioni on-line, etc.) e fornire informazioni di geolocalizzazione per assistere la navigazione attraverso l'aeroporto individuando particolari negozi all'interno del terminale.

Come sottolineato da Persaud e Azhar (2012), tutte le iniziative di mobile marketing, però, devono sviluppare forme adeguate di strategie di coinvolgimento che superino la sfiducia dei consumatori e non diano la sensazione di un "grande fratello" o di una "tecnologia della sorveglianza". D'altra parte, come evidenziato da Baird (2013),

l'uso eccessivo di notifiche push in un aeroporto potrebbe danneggiare irreparabilmente le relazioni con il cliente.

Allo stato attuale, nonostante le affermazioni di continuo sviluppo e di investimenti in applicazioni, vi sono poche ricerche accademiche che esaminano l'esistenza, lo sviluppo e le funzionalità comparative delle applicazioni esistenti delle compagnie aeree. Una di queste (Budd and Vorely 2013), alla quale si rimanda, ha messo a confronto le app di 25 compagnie aeree dimostrando che il 45% degli utenti è insoddisfatto delle caratteristiche e delle funzionalità che attualmente offrono tali app.

I dispositivi mobili supportano il passeggero in ogni fase del viaggio sia con servizi informativi che con servizi di intrattenimento.

Secondo il rapporto SITA 2017, il 70% dei passeggeri trasporta due o più dispositivi quando viaggia e quasi tutti, (il 98%) ne porta almeno uno.

La ricerca ha inoltre evidenziato che coloro che utilizzano i propri dispositivi mobili presentano un livello di soddisfazione, relativamente alla propria passenger experience, superiore rispetto a chi non ne fa uso. Tale differenza è particolarmente marcata nelle fasi di attesa pre-imbarco, a bordo dell'aereo e in fase di recupero bagagli.

Dalla ricerca si evince inoltre che i passeggeri desiderano nuovi servizi mobili per gestire meglio il proprio viaggio fornendo informazioni personalizzate in real-time sul volo, sul bagaglio e su come raggiungere il gate (o altre posizioni dell'aeroporto). Secondo SITA il 74% degli intervistati dichiara di essere disponibile a seguire le indicazioni ricevute sul proprio dispositivo mobile. Questo dato suggerisce agli aeroporti e alle compagnie aeree di investire in tecnologie per la geolocalizzazione indoor (in particolare la tecnologia beacon) per l'erogazione di servizi informativi cercando allo stesso tempo di monetizzare i loro investimenti offrendo tutta una serie di servizi retail. Entro il 2019, si stima che l'84% degli aeroporti consentirà l'acquisto di servizi aeroportuali tramite la propria app mobile, tuttavia solo il 34% allo stato attuale prevede di implementare nuove opzioni di pagamento come Apple Pay o Android Pay per una serie di problematiche legate a:

- conformità ai requisiti PCI DSS<sup>6</sup>;
- aggiornamento dei terminali di pagamento;
- abilitazione della trasmissione dei pagamenti da terminali alle banche (Liebana-Cabanillas et al 2014).

### Tecnologia indossabile

Il mercato di dispositivi tecnologici indossabili stando alle previsioni di alcuni istituti di credito come Credit Suisse, nei prossimi 3-5 anni è destinato a crescere di 10 volte fino a 50 miliardi di dollari. (Pitzer et al 2013).

Stando invece alle previsioni della Global Industry Analyst il mercato globale del Wearable raggiungerà i 31 miliardi di dollari nel 2020 soprattutto grazie ai dispositivi pensati per il monitoraggio della salute e per lo sport (Global Industry Analyst – Wearable Electronics Market Trends 2015)

Tale crescita, già in atto, è influenzata dalla capacità di questi dispositivi (smartwatch, smart glass, braccialetti contapassi, auricolari) di connettersi ad altri dispositivi portatili come smartphone e iPod, o più moderni elettrodomestici intelligenti mediante connessione wireless e bluetooth.

C'è un certo numero di vantaggi attesi dalle tecnologie. In primis la capacità di “fare computing” a mani libere. Ciò è di immediato vantaggio per chiunque esegua attività fisiche usando ambo le mani e che, allo stesso tempo, abbia bisogno di accesso alle informazioni.

Un altro vantaggio correlato, che si applica alle tecnologie indossabili, è la capacità di multi-task; Non è necessario interrompere ciò che si sta facendo per utilizzare il dispositivo, mentre può esistere un'interazione costante tra il device e l'utente senza che sia necessario accendere o spegnere il dispositivo. Altro vantaggio delle tecnologie indossabili è che possono fornire informazioni specifiche sul contesto che non devono essere esplicitamente richieste dall'utente.

---

<sup>6</sup> Lo standard PCI-DSS (Payment Card Industry Data Security Standard) è stato elaborato con lo scopo di uniformare le modalità di gestione della sicurezza dei dati delle carte di credito da parte del consorzio PCI creato da American Express, Discover Financial Services, JCB, MasterCard Worldwide e Visa International.

Ciò significa che molte delle attività che oggi utilizzano un tablet o uno smartphone potrebbero essere semplificate da dispositivi indossabili. (SITALab Report - The next big thing in air travel 2013).

In ambito aeroportuale i wearable device non sono ancora molto diffusi ma già si sperimentano utilizzi sia dal lato staff, come strumenti a supporto del processamento dei passeggeri, sia dal lato passeggeri come device in grado di fornire servizi aggiuntivi.

In una ricerca di SITA (SITALab Report - The next big thing in air travel 2013) gli smartglass sono stati utilizzati per la procedura di controllo passaporti. Sfruttando un'apposita app sviluppata da SITA, chiamata SWIFT, smartglass sono stati utilizzati per confrontare simultaneamente la boarding pass e il passaporto dei passeggeri. Sebbene la percentuale di riconoscimenti sia risultata molto elevata, la velocità di processamento non è risultata soddisfacente.

Allo stato attuale, i wearable device presentano diverse problematiche operative legate alla durata delle batterie e alla qualità della fotocamera (in particolare per gli smart glass), affidabilità di funzionamento, limitate capacità di elaborazione dati, mancanza di applicazioni dedicate, costo elevato, affidabilità della connessione.

Il mercato wearable computing è ancora nella fase iniziale di evoluzione, ma sembra possedere un notevole potenziale di crescita in grado di modificare in meglio il modo di accedere ed utilizzare le informazioni grazie a orologi e braccialetti costantemente connessi e in comunicazione con l'infrastruttura IT del terminal aeroportuale.

### *Il social networking*

Lo sviluppo della tecnologia di Internet ha permesso agli aeroporti di comunicare con i propri clienti sfruttando una molteplicità di canali. Sito web aziendale, applicazione per smartphone, email rappresentano oggi un canale di comunicazione "obbligatorio" per gli aeroporti che tendono sempre di più ad interagire con i propri clienti sfruttando le potenzialità Web 2.0 (Wattanacharoensil e Schuckert. 2015).

Il termine Web 2.0 è stato utilizzato per la prima volta da DiNucci (1999) ed è stato sviluppato come concetto durante la Conferenza Web 2.0 del 2004 (O'Reilly &

Battelle, 2009). Il termine è generalmente associato ad applicazioni online che consentono agli utenti di connettersi, comunicare, interagire tra di loro e condividere informazioni sul World Wide Web. Il Web 2.0 è diverso da Web 1.0 perché gli utenti agiscono come creatori di contenuti e non come visualizzatori passivi.

Secondo Khang et al. (2012), l'utilizzo del Web 2.0, consente agli utenti di generare e diffondere le proprie idee attraverso molti canali, spostando il potere dalle istituzioni mediatiche ad un pubblico attivo e partecipativo etichettato come "prosumers" o "producers". I termini "prosumer" (Chang, 2006) e "producer" (Towers, Smith, & Bruns (2005), citati in Kennedy et al. 2007) derivano dalla combinazione dei termini "produttore" (producer) e "consumatore" (consumer). I prosumer e producers sono coloro che non sono soddisfatti di consumare contenuti basati sul web, piuttosto li creano, li utilizzano e li condividono. (Kennedy et al. 2007)

Nonostante diverse critiche (Laningham 2006) il concetto di Web 2.0 risulta ora consolidato e rappresenta il punto di riferimento per l'evoluzione dei social media. I social media possono essere definiti come "il gruppo di applicazioni basate su Internet, costruite sulle fondamenta ideologiche e tecnologiche di Web 2.0, che consentono la creazione e lo scambio di contenuti generati dagli utenti" (Kaplan & Haenlein, 2010, p. 61).

Secondo Mangold e Faulds (2009), i social media comprendono "una vasta gamma di forum online, siti di passaparola, di social networking". La loro introduzione ha spostato l'attenzione dalla comunicazione di massa, dove i principali media hanno mantenuto ruoli di screening, alla comunicazione digitale interattiva (Khang, Ki & Ye, 2012). Una tale piattaforma partecipativa consente alle persone di diventare essi stessi "i media" per collaborare e condividere informazioni (Leung, Law, Van Hoof, & Buhalis, 2013; Li & Wang, 2011). I social media vengono utilizzati anche come strumento per influenzare l'opinione degli utenti (The Economist, 2007) in materia di turismo e processi decisionali (Xiang & Gretzel, 2010) o per influenzare il marketing sui prodotti (Li, 2014).

Ma non solo gli utenti possono trarre vantaggio dai social media, la piattaforma di contenuti generati dall'utente può incoraggiare molte aziende, tra cui le aziende del turismo, a raggiungere i clienti, coinvolgere potenziali visitatori, aumentare la presenza online (Leung, Law e altri, 2013) e pubblicizzare la loro offerta (Gunelius, 2010).

Hvass e Munar (2012) osservano che i social media sono un costrutto sociale che facilita l'esame del processo di creazione e di evoluzione delle strutture sociali ed economiche (Markham, 2004) attraverso l'interconnettività con gli utenti e in quanto tale può contribuire a sostenere la trasparenza del business.

La crescita dell'uso dei social media negli ultimi dieci anni è stata notevole. Secondo i rispettivi siti, il numero di utenti nel 2017 ha superato i 2 miliardi su Facebook, 328 milioni su Twitter, 106 milioni su LinkedIn e più di 1 miliardo su YouTube. La maggior parte delle applicazioni di social media sono state tradizionalmente progettate per mettere in contatto amici o persone con interessi reciproci, (Correa, Hinsley & DeZúñiga, 2010), tuttavia, ad oggi, un numero crescente di aziende utilizza i social media per promuovere il proprio marchio, creare gruppi di discussione e offrire collegamenti diretti ai propri siti. (Kaplan, Haenlein, 2010).

Si prevede che la spesa mondiale delle imprese per la pubblicità sui social, inclusa la costruzione e il mantenimento della presenza on line, raggiungerà i 55 miliardi di dollari nel 2019 (Zenith - Advertising Expenditure Forecasts 2017).

Nel rapporto ACI-Europe (2014, 2015) viene sottolineato come i social media e le altre tendenze digitali influenzino gli aeroporti europei e i loro passeggeri. Twentyman (2010) ha discusso su come gli aeroporti si rivolgono sempre più ai siti di social network per comunicare con i passeggeri. Nigam, Cook e Stark (2011) hanno discusso il ruolo dei social media in merito al coinvolgimento dei clienti e l'aumento dei ricavi commerciali negli aeroporti.

Anche secondo Guen (2013) i social rappresentano degli importanti canali di comunicazione per il marketing delle aziende e potrebbero diventare la principale fonte per generare non-aviation revenue.

Sebbene i passeggeri rappresentino l'obiettivo principale per le iniziative dei social negli aeroporti, essi vengono utilizzati anche per collegarsi, comunicare e interagire con tutti i tipi di clienti, tra cui le compagnie aeree e gli stakeholder interessati in generale (Helpern 2012).

La letteratura accademica tende a concentrarsi sui mezzi di comunicazione sociale come strumento di marketing (Weinberg, Pehlivan, 2011). Questo è naturale dato che essi consentono alle aziende di interagire con propri clienti e di coordinare e controllare vari elementi legati alla pubblicità. Ma c'è anche da sottolineare che la comunicazione non è solo tra consumatore e azienda, ma anche tra consumatore e consumatore (Mangold, Foulds, 2009).

In merito agli aeroporti, essi utilizzano i social media sia come strumento di marketing sia per comunicare con i propri clienti costruendo delle relazioni più informali e utilizzando l'immensa mole di dati, derivante dall'interazione, per scopi di ricerca e sviluppo (rilevando la soddisfazione del cliente e / o le opinioni, ad esempio sulle opportunità di nuove rotte).

Ciò significa che le opinioni della comunità social dell'aeroporto possono essere utilizzate come un valore aggiunto quando si discute di opportunità di sviluppo delle compagnie aeree, dei tour operator e altri stakeholder.

Secondo Helpern (2012) sarebbe interessante investigare su come differenti tipologie di social network sono realmente utilizzate dagli aeroporti al fine di comprendere meglio quale tipo di social network risulta più appropriato per raggiungere un certo obiettivo.

Stando sempre a Helpern (2012) è molto importante che gli aeroporti siano attivi sui social per favorire il loro utilizzo e quindi l'interazione con i clienti. Creare un account senza usarlo attivamente non ha un impatto sostanziale sui consumatori e non contribuisce ad aggiungere valore all'aeroporto.

Naturalmente, l'utilizzo di social media ha i suoi rischi. Rischi legati sia alla rapida diffusione di informazioni legati a comportamenti scorretti da parte dei membri dell'azienda, sia legati alla forte esposizione a commenti negativi da parte degli

utenti che possono essere immediatamente visualizzati e creare un'immagine poco edificante per l'azienda. (Halpern 2012).

Sebbene un numero crescente di aeroporti stiano abbracciando i social media, l'utilizzo che se ne fa può variare in base alla posizione geografica. Questo perché i livelli di penetrazione Internet variano da paese a paese ma anche perché gli approcci al marketing aeroportuale sono influenzati sia dalle differenze aziendali che da quelle culturali. (Halpern , Regmi, 2011).

L'utilizzo dei mezzi di comunicazione sociale può variare anche in base alle dimensioni dell'aeroporto e al modo in cui esso viene gestito. Ciò è dovuto al fatto che gli obiettivi di marketing e le capacità di un aeroporto possono cambiare una volta raggiunta una certa dimensione (Graham, 2008) e in base all'orientamento sul mercato (Halpern, Pagliari, 2007).

#### *Facebook Focus*

Facebook è la piattaforma di social media più popolare per gli utenti individuali e aziendali (Dwivedi, Yadav, Venkatesh, 2011; Hsu, 2012; Lipsman, Mudd, Rich, Bruich, 2012).

Come piattaforma social più diffusa, Facebook è stato studiato in diversi contesti legati al turismo, all'industria alberghiera (Chan & Guillet, 2011; Hsu, 2012), all'istruzione (Tuten, Marks, 2012) e all'industria aerea (Hvass, Munar, 2012; Leung, Schuckert, Yeung, 2013).

Come suggerito da Dunay e Krueger (2010) per poter utilizzare Facebook in modo efficace, le aziende "devono adottare un approccio strategico per comprendere le varie funzioni e scegliere le opzioni più adatte al proprio e-marketing". Altri studi hanno evidenziato un uso inefficace di Facebook legato alla:

- mancanza di impegno nel sostenere gli sforzi di marketing su social media (Chan, Guillet, 2011);
- mancanza di prospettiva strategica e limitata uniformità (Hvass, Munar, 2012);
- incoerenza nel posting delle informazioni.

Secondo Gunelius (2010) gli obiettivi del marketing dei social media attraverso Facebook sono:

- creazione di relazioni (attivamente coinvolgendo clienti, influenzatori online e coetanei);
- costruzione del marchio (sensibilizzazione, promozione del riconoscimento e crescente fedeltà);
- pubblicità (condividendo informazioni importanti e modificando le percezioni negative);
- promozioni (offrendo sconti e opportunità esclusive);
- ricerca di mercato (come strumento per conoscere i clienti o il pubblico).

Hsu (2012) suggerisce che Facebook ha due implicazioni per le imprese:

- è un luogo di incontro per una vasta gamma di consumatori e quindi una miniera di informazioni;
- è un mezzo per diffondere informazioni per creare presenza sul mercato.

Facebook può quindi contribuire a raggiungere una maggiore quota di mercato e aumentare le entrate per molte aziende (Albee, 2009)

I social media vengono utilizzati sempre più spesso nell'industria aeronautica e di conseguenza stanno suscitando sempre più l'attenzione dei principali operatori del settore: aeroporti e compagnie aeree (Nigam, 2012a, 2012b).

Secondo Claridge (2013), le compagnie aeree utilizzano Facebook per comunicare con i clienti tramite post, proponendo questionari e offerte speciali e per fornire informazioni sulle mete di destinazione e altre notizie legate al brand. Le statistiche mostrano che diverse compagnie aeree statunitensi hanno aumentato il loro numero di fan di Facebook attraverso l'inserimento di interessanti aggiornamenti (Wattanacharoensil e Schuckert, 2015). Tuttavia, sono necessari ulteriori studi per dimostrare se tale aumento abbia effettivamente determinato benefici significativi oltre ad aumentare semplicemente la dimensione delle banche dati delle compagnie. D'altra parte, un numero crescente di aeroporti sta mostrando interesse nell'utilizzo dei mezzi di comunicazione sociale per catturare l'interesse dei clienti e creare la consapevolezza del marchio (McMullen, 2013).

Secondo il rapporto ACI 2014-2015 Facebook è il social network più utilizzato dagli aeroporti. Solo in Europa sono 289 gli aeroporti presenti su Facebook. Gli aeroporti di Francoforte, Londra Heathrow e Milano sono le strutture con più fans mentre quelli con più interazioni per mese risultano essere quelli di Katowice in Polonia e West Knock in Irlanda.

Come sottolineato da diversi ricercatori, ci sono diversi modi in cui gli aeroporti e i loro stakeholders possono trarre vantaggio dall'uso di Facebook, ad esempio:

- aggiornando il proprio stato attuale per fornire informazioni che influenzano i clienti per gestire le crisi legate a condizioni meteorologiche, scioperi o periodi di sovraffollamento (Serusi, 2013).
- gestendo meglio i rapporti con i clienti (customer relationship management CRM), rispondendo alle richieste e alle preoccupazioni degli utenti (Rodriguez et al., 2012).
- sostenendo la distribuzione di beni e servizi prodotti da partner dell'aeroporto, come le compagnie aeree e i rivenditori incrementando di fatto le non-aviation revenue.
- usandolo per promuovere vecchie e nuove destinazioni.

Mangold e Faulds (2009) sostengono che fornire feedback attraverso i social media fa sentire i consumatori più coinvolti con l'azienda. Per gli aeroporti, ciò ha implicazioni riguardo l'uso della strategia di marketing più adatta per favorire tale coinvolgimento al fine di rendere i consumatori sostenitori social dell'azienda e quindi renderli più fedeli al brand. (Guen, 2013).

A differenza dei siti web, dove il contenuto e la funzione possono essere personalizzati in base alle esigenze di ciascun aeroporto, le pagine di Facebook condividono tutte le caratteristiche simili. Perciò la presenza degli aeroporti su Facebook può differire solo in termini di contenuti pubblicati, frequenza di pubblicazione e tipo di interazione (Wattanacharoensil e Schuckert. 2015). Il lavoro di Wattanacharoensil e Schuckert (2015), relativo a come gli aeroporti utilizzano Facebook come strumento per comunicare con gli utenti, ha messo in evidenza che:

- l'attenzione riguardo gli aspetti della promozione e la distribuzione di prodotti attraverso la pagina Facebook dell'aeroporto non è molto diffusa e in generale, oltre a generare entrate economiche, non contribuisce a generare un'immagine positiva dell'azienda;
- la popolarità di una pagina Facebook di un aeroporto potrebbe essere legata, in qualche misura, al contenuto presentato agli utenti. Un utilizzo innovativo e creativo dei contenuti e delle immagini potrebbe rappresentare un mezzo per accrescere l'interesse verso la pagina;
- l'accessibilità linguistica della pagina è un importante fattore per incentivare l'interessamento e il coinvolgimento del consumatore;
- la comunicazione dovrebbe basarsi maggiormente su immagini e testi scritti con un linguaggio più informale.

La pagina Facebook dell'aeroporto di destinazione inoltre potrebbe rappresentare il primo punto di contatto tra l'utente e il contesto esterno e quindi essere utilizzata come fonte per reperire informazioni e prenotare servizi, incrementando di fatto le entrate commerciali anche al di fuori del terminal.

Secondo Divol et al (2012), sebbene molte aziende, incluse quelle dell'aviazione, utilizzino di buon grado i social media, l'aliquota di spesa destinata a tali attività risulta essere ancora minore dell'1%. Lo scarso numero di dipendenti responsabili dei contenuti sui social media dell'azienda e la quota ridotta di addetti al social marketing viene sempre più percepito come un fattore vincolante per la pubblicità dell'azienda stessa.

In definitiva, come affermato da Halpern e Regmi, (2013) e Wattanacharoensil & Schuckert (2015) nonostante i numerosi vantaggi, per molti aeroporti, l'uso di Facebook come parte di una strategia per i social media è ancora in fase sperimentale.

#### 2.1.1.4 I robot a servizio del passeggero

La robotica e l'intelligenza artificiale continuano ad aprire nuove possibilità e usi innovativi in diversi settori.

Ad ogni progetto che preveda l'utilizzo della robotica si affianca la promessa di far risparmiare tempo e denaro così da rendere la controparte umana più produttiva e capace di offrire un servizio migliore. (Sita IT review - The promise of robotics)

Negli ultimi anni il mercato della robotica appare in forte crescita. I dati (World Economic Forum di Davos) parlano di un miliardo a duecento milioni di dollari di investimenti nel settore, 1,9 miliardi di acquisizioni e 28,3 miliardi il volume di affari del mercato mondiale. Inoltre le stime prevedono un aumento del valore complessivo del mercato a 151,7 miliardi di dollari entro il 2020

Nel settore del trasporto aereo la robotica possiede un enorme potenziale, contribuendo a fornire ai passeggeri informazioni sul loro viaggio attraverso l'aeroporto per facilitare tutta una serie di operazioni aeroportuali (Sita IT review - The promise of robotics)

In ambito aeroportuale i robot a servizio dei passeggeri vengono utilizzati come:

- guide per i viaggiatori in transito all'interno del terminal
- dispositivi mobili per il check-in e la presa in consegna dei bagagli da imbarcare
- dispositivi in grado di prendere in consegna le autovetture degli utenti e collocarle all'interno del parcheggio dell'aeroporto.

Il crescente volume di passeggeri in tutto il mondo rappresenta una grande sfida per tutti i vettori aerei e gli operatori aeroportuali.

L'enorme numero di passeggeri in arrivo e in partenza da un aeroporto, aumenta di fatto la probabilità di ritardi e di conseguenza anche la probabilità di malfunzionamenti (es. mancate coincidenze).

Nei grandi hub aeroportuali circa l'80% del traffico passeggeri è dovuto al trasferimento di persone. Il principale collo di bottiglia è rappresentato dai passeggeri in transito che devono sottoporsi alle operazioni di controllo passaporti e che devono prendere coincidenze per altri paesi. Ad oggi non sono pochi i viaggiatori che a causa di ritardi (poco tempo per lo sbarco e per il nuovo imbarco, barriere linguistiche, difficoltà a trovare il giusto percorso e altri motivi) non riescono ad imbarcarsi in tempo. Il tutto, oltre ad arrecare un grave disagio all'utente, rappresenta

un non trascurabile costo aggiuntivo per le compagnie aeree, costrette a rebooking e al ricarico dei bagagli.

In questo scenario un robot-guida può rappresentare un valido strumento per ridurre i colli di bottiglia, ridurre i disagi al passeggero, promuovere le attività all'interno del terminal e aumentare la customer satisfaction (Triebel R. et al. 2016). Allo stato attuale due sono le applicazioni prevalenti: ai check-in e ai parcheggi.

Al fine di ridurre le code in corrispondenza dei banchi check-in, liberare nel più breve tempo possibile i passeggeri dal bagaglio da imbarcare e snellire il processo di movimentazione dei bagagli sono stati realizzati degli appositi robot in grado di prelevare il bagaglio direttamente dal curb dell'aeroporto consentendo ai passeggeri di procedere senza la necessità di effettuare ulteriori operazioni di registrazione. (Sita IT review – LEO. SITA's baggage robot).

In alcune realtà i robot vengono impiegati anche come valet parking robot, ottenendo il duplice risultato di sgravare il viaggiatore che arriva in auto dal compito di parcheggiare la propria autovettura e dall'altro di ottimizzare lo spazio dedicato alla sosta così da permettere l'allocazione di un numero maggiore di veicoli e risparmiare in termini di acquisizione di nuovi suoli per la realizzazione di strutture da destinare a parcheggio<sup>7</sup>.

### 2.1.2 Tecnologie per il monitoraggio dell'utenza

Il monitoraggio dei passeggeri all'interno dell'edificio aeroportuale è una prassi comunemente adottata nella stragrande maggioranza degli aeroporti. Controllare gli spostamenti degli utenti permette da un lato di raccogliere tutta una serie di dati per realizzare analisi predittive indispensabili per attuare politiche volte al miglioramento della passenger experience e all'ottimizzazione delle risorse interne, d'altro canto conoscere la posizione esatta di un viaggiatore, permette di raggiungerlo attraverso azioni di marketing georeferenziate così da aumentare potenzialmente le entrate derivanti da attività non aeronautiche.

---

<sup>7</sup> si veda il caso dell'aeroporto di Düsseldorf

Passenger experience e maggiori entrate sono quindi due parametri indissolubilmente legati.

Secondo uno studio del 2016 (BlipSystems), i passeggeri sono disposti a spendere fino a 1 euro al minuto negli esercizi commerciali posti a valle dei controlli di sicurezza. Lo stesso studio dimostra inoltre che per ogni 10 minuti spesi in coda, la spesa del passeggero si riduce in media del 30%. Di conseguenza, la gestione delle code e dei flussi e quindi il monitoraggio degli stessi, diventano degli strumenti importanti per generare maggiori entrate non aeroportuali.

Allo stato attuale sono disponibili diverse tecnologie per il monitoraggio e il conteggio degli utenti all'interno del terminal. Esse possono essere classificate sulla base di alcuni indicatori:

- accessibilità: riferita alla capacità della tecnologia di essere "sfruttata" o accessibile da un consumatore;
- range: riferito alla distanza massima del segnale di invio o di ricezione;
- accuratezza: riferita all'affidabilità del segnale entro un determinato intervallo e alla tolleranza di quel segnale quando si tiene conto di fattori ambientali;
- sicurezza: riferita alla capacità dei dati inviati sul sistema di essere attaccati o accessibili da terze parti o da intrusi dannosi.
- costo: include la spesa per l'installazione, l'utilizzo e il mantenimento dei sistemi coinvolti.

Di seguito viene riportata un'analisi delle principali tecnologie utilizzate per il monitoraggio dell'utenza.

#### 2.1.2.1 GPS

Il GPS è un sistema di posizionamento e navigazione satellitare civile che, attraverso una rete dedicata di satelliti artificiali in orbita, fornisce ad un terminale mobile o ricevitore GPS informazioni sull'orario e sulle coordinate geografiche, in ogni condizione meteorologica, ovunque sulla Terra ove vi sia un contatto privo di

ostacoli con almeno quattro satelliti del sistema. La localizzazione avviene tramite la trasmissione di un segnale radio da parte di ciascun satellite e l'elaborazione dei segnali ricevuti da parte del ricevitore.

Il sistema GPS è gestito dal governo degli Stati Uniti d'America ed è liberamente accessibile da chiunque sia dotato di un ricevitore GPS.

Con la diffusione dei sistemi GPS, ed il conseguente abbattimento dei costi dei ricevitori, molti produttori di telefoni cellulari/smartphone hanno cercato di inserire un modulo GPS all'interno dei loro prodotti, aprendosi quindi al nuovo mercato dei servizi (anche sul web) basati sul posizionamento (o LBS, location based services). Tuttavia, la relativa lentezza con cui un terminale GPS acquisisce la propria posizione al momento dell'accensione (in media, tra i 45 e i 90 secondi), dovuta alla necessità di ricercare i satelliti in vista, ed il conseguente notevole impegno di risorse hardware ed energetiche, ha frenato in un primo momento questo tipo di abbinamento. Negli ultimi anni, però, è stato introdotto il sistema GPS assistito, detto anche A-GPS (Assisted GPS), con cui è possibile ovviare a tali problemi: si fanno pervenire al terminale GPS, attraverso la rete di telefonia mobile, le informazioni sui satelliti visibili dalla cella radio a cui l'utente è agganciato. In questo modo un telefono A-GPS può in pochi secondi ricavare la propria posizione iniziale, in quanto si assume che i satelliti in vista dalla cella siano gli stessi visibili dai terminali sotto la sua copertura radio.

La precisione del GPS dipende da un certo numero di fattori tra cui le condizioni meteorologiche, la disponibilità e la posizione dei satelliti rispetto al ricevitore, la qualità e il tipo di ricevitore, gli effetti di radiopropagazione del segnale radio in ionosfera e troposfera (es. rifrazione) e gli effetti della relatività.

I dati reali del FAA<sup>8</sup> mostrano che i ricevitori GPS di alta qualità forniscono una precisione orizzontale superiore a 3,5 metri. Maggiore precisione è raggiungibile

---

<sup>8</sup> La Federal Aviation Administration (FAA) è l'agenzia del Dipartimento dei Trasporti statunitense incaricata di regolare e sovrintendere a ogni aspetto riguardante l'aviazione civile.

utilizzando GPS in combinazione con sistemi di “augmentation”. Con questi sistemi è possibile una precisione nell'ordine dei centimetri.

Tuttavia, la precisione del GPS cala drasticamente in ambienti chiusi a causa della linea di visione (line of sight). D'altra parte gli edifici possono bloccare e rifrangere il segnale e le strutture a più livelli rendono difficile calcolare l'altitudine (e quindi il reale piano di movimentazione). Quindi per utilizzare il GPS in ambienti chiusi, esso deve essere combinato con tecnologie di ancoraggio utilizzato in combinazione con nodi ancora o waypoint<sup>9</sup> vicini.

Il GPS è una tecnologia non invasiva. Il rischio di privacy e sicurezza è associato ai ricevitori e al meccanismo di comunicazione con i server del produttore. Vale a dire, un ricevitore GPS è tanto sicuro quanto lo sono le tecniche di autenticazione e di memorizzazione utilizzate in fase di produzione.

In merito ai costi, mentre l'infrastruttura per garantire il segnale ha un costo enorme (sostenuto interamente dal governo americano), l'utilizzo del segnale è effettivamente gratuito.

I principali costi legati al GPS sono legati ai ricevitori (generici o realizzati per rispondere a specifici requisiti) e alle applicazioni mobili per utilizzare il segnale. Specifici ricevitori, utilizzati per i tracciamenti di sicurezza e sistemi di amplificazione del segnale, possono però far innalzare notevolmente i costi di utilizzo.

In conclusione, sebbene il GPS risulta essere la migliore tecnologia per il posizionamento all'aperto e per gli spostamenti sulle lunghe distanze, negli spazi chiusi e per spostamenti a cortissimo raggio non sembra essere la migliore soluzione.

---

<sup>9</sup> Un waypoint è un punto di riferimento nello spazio fisico utilizzato per qualsiasi tipologia di navigazione. La tipologia di coordinate utilizzate può variare a seconda dell'applicazione: per la navigazione terrestre queste coordinate geografiche sono espresse in longitudine e latitudine, mentre, in quella aerea, comprendono anche l'altitudine. Il concetto di waypoint si è allargato con l'uso dei GPS e di alcuni altri tipi di navigazione radio.

### 2.1.2.2 WiFi

I sistemi di posizionamento basati su Wi-Fi sono comunemente utilizzati per superare le inadeguatezze del GPS per gli spazi chiusi. Inoltre il suo utilizzo sfrutta un'infrastruttura preesistente all'interno del terminal utilizzata comunemente per garantire il collegamento ad Internet.

Il sistema di geolocalizzazione WiFi si basa su un certo numero di punti di ancoraggio fissi che forniscono una posizione statica nota. I punti di accesso wireless rilevano dispositivi e triangolano la distanza in base alla potenza del segnale ricevuto. Le implementazioni di sistemi WiFi richiedono:

- punti di accesso;
- un servizio dati che calcola la posizione (e tiene traccia di tutte le posizioni in un determinato punto)
- un contesto specifico per la posizione (mappa dell'edificio).

Dal punto di vista della diffusione, oggi, praticamente tutti i dispositivi mobili montano delle antenne WiFi ma per il tracciamento del dispositivo e la comunicazione con esso sono richieste specifiche autorizzazioni all'utente e in genere l'installazione, sul proprio device, di una specifica applicazione in grado di gestire il contesto e il protocollo di trasmissione dati. Inoltre, il requisito dell'accesso ad internet, della potenza del segnale possono rendere difficoltose le procedure per il set-up della rete.

A differenza della tecnologia bluetooth, il WiFi permette di identificare un dispositivo ad una distanza maggiore (20-50 metri), ma con un minor grado di precisione. Tuttavia utilizzando più stazioni di ricevimento, mediante opportune triangolazioni è possibile aumentare l'affidabilità della localizzazione.

Sebbene la tecnologia di localizzazione WiFi tenta di sfruttare un'infrastruttura preesistente, è anche vero che la localizzazione dei punti di accesso già installati può risultare non ottimale in un'ottica di georeferenzamento. Le best practice suggeriscono che i punti di accesso dovrebbero essere collocati entro 25 metri di

distanza, all'interno della line of sight di altri 3 punti di accesso per un monitoraggio preciso.

La natura fissa dei punti di accesso WiFi e il costo relativamente elevato per l'installazione sta ad indicare una flessibilità limitata nella modifica della rete ed un livello di precisione inferiore rispetto a quello fornito da altre tecnologie (beacon e RFID)

Inoltre alcuni dispositivi sono dotati di sistemi operativi che randomizzano l'indirizzo MAC<sup>10</sup> del device. Tale pratica consente ancora di rilevare il dispositivo ma non è garantita la univocità dello stesso.

A differenza di GPS o Bluetooth, i dati vengono effettivamente trasferiti su una rete WiFi, il che significa che l'hacking nella rete rappresenta un rischio maggiore rispetto ad altre tecnologie. Tuttavia i gestori della rete adottano comunemente diverse tecnologie (sviluppate in proprio o da apposite aziende specializzate) per crittografare e assicurare la rete stessa. Quindi la sicurezza del sistema dipende sostanzialmente dalle tecniche di crittografia utilizzate.

Per quanto riguarda i costi, questi dipendono molto dalla precisione richiesta al sistema e dalla copertura della rete. Infatti un sistema di posizionamento più performante e più esteso richiede l'installazione di più punti di accesso con un incremento sostanziale dei costi. Altri costi associati ai sistemi di localizzazione WiFi comprendono le spese per internet e la manutenzione della rete.

### 2.1.2.3 Bluetooth tradizionale

Il monitoraggio dei passeggeri tramite tecnologia Bluetooth è in vigore in alcuni aeroporti, come Londra Heathrow già dal 2007. È una tecnologia consolidata che permette inoltre di fornire ai passeggeri informazioni dettagliate circa lo “stato” del

---

<sup>10</sup> Il MAC (Media Access Control), detto anche indirizzo fisico, è un codice di 48 bit (6 byte) assegnato in modo univoco dal produttore ad ogni scheda di rete prodotta al mondo, tuttavia modificabile a livello software. Esso rappresenta in sostanza un identificativo per un particolare dispositivo di rete a livello di rete locale.

viaggio, man mano che si ci avvicina all'airside. Ogni dispositivo bluetooth è dotato di un suo indirizzo identificativo che ne permette la localizzazione da parte di un sensore posto nelle vicinanze. Sensore e dispositivo comunicano circa una volta al secondo e ciò fornisce un'eccellente risoluzione per il monitoraggio dei movimenti dei passeggeri all'interno del terminal. Ogni risposta dal dispositivo, in genere un telefono cellulare, è etichettata dal sensore con un indicatore radio di potenza del segnale (RSSI). Questo consente al sistema di monitoraggio di stimare la distanza del passeggero dal sensore e viene utilizzato per rilevare il passaggio del utente attraverso l'area di copertura e quindi determinare la posizione di quest'ultimo con una precisione dell'ordine del metro.

Allo stato attuale tale tecnologia si è evoluta nei cosiddetti sistemi a radiofari (beacon) e sta per essere definitivamente abbandonata.

#### 2.1.2.4 Beacon

I sistemi di localizzazione basati su tecnologia Bluetooth a basso consumo energetico (BLE) rappresentano la tecnologia più recente in ambito di indoor location. Costruito per rispondere alle carenze esistenti negli altri sistemi di posizionamento interno e di prossimità, i beacon (radiofari) bluetooth sono una soluzione efficace ed efficiente per fornire servizi di monitoraggio e di comunicazione.

I piccoli dispositivi wireless chiamati beacons (o ibeacons) trasmettono segnali usando Bluetooth Low Energy, una versione potenziata del bluetooth tradizionale. Gli smartdevice nelle vicinanze ascoltano questi segnali, intraprendono delle azioni e / o registrano analisi tramite app mobili in base alla vicinanza del dispositivo.

Di seguito viene riportata una lista delle principali caratteristiche dei beacon:

- sono basati su tecnologia BLE (Bluetooth Low Energy, noto anche come Bluetooth 4.0 o Bluetooth Smart,
- possono essere montati su dispositivi di diversi formati (piccole monete, chiavi USB, lampadine, distributori automatici etc.),

- possono essere supportati da tutti gli smartphone (con versioni superiori a IOS7 e Android 4.3),
- a parità di tempo di utilizzo, consumano il 2-3% di energia in meno di un sistema WiFi.

Il sistema a radiofari, sebbene, a differenza del sistema GPS richieda la messa in campo di un'infrastruttura, è di facile installazione e configurazione e questo lo rende un sistema scalabile, molto flessibile e portatile. Inoltre dato il basso consumo di energia, i trasmettitori possono durare da uno a tre anni senza dover sostituire o ricaricare le batterie.

Grande vantaggio dei sistemi di beacon è che essi utilizzano principalmente dispositivi mobili come sistema ricevente. Quest'aspetto, legato alla massiccia diffusione di smartdevice, fanno del sistema a radiofari un sistema potenzialmente molto accessibile, sebbene l'effettivo utilizzo richieda l'installazione di una specifica app da parte dell'utente e ovviamente l'attivazione del ricevitore Bluetooth.

I fari operano sulla frequenza di 2,4 gigahertz e, come tutti i segnali radio ad alta frequenza, l'affidabilità del segnale è influenzata dall'ambiente. Tuttavia, dal momento che il sistema a beacon è altamente flessibile, i problemi della linea di visione e la ricezione del segnale che ostacolano la precisione di WiFi e GPS in ambienti chiusi possono essere affrontati modificando la rete Bluetooth, manipolando e spostando liberamente i singoli beacon o semplicemente aggiungendo più trasmettenti. Il range di funzionamento dei trasmettitori può essere regolato da 3 a 50 metri e il tempo di rilevamento è di circa un secondo. In merito alla precisione questa può raggiungere una scarto di 1 metro adottando una serie di tecniche che si basano sulla rimodulazione del segnale o la trilaterazione.

Poiché i beacon BLE trasmettono segnali in uscita, non esiste alcun rischio di sicurezza intrinseco nella trasmissione. Il rischio è principalmente nelle applicazioni che utilizzano questi segnali. In questo senso, i beacon non sono migliori o peggiori di qualsiasi altro servizio di localizzazione che comunica tramite un dispositivo mobile (fatto salvo per i sistemi NFC utilizzati per il trasferimento di denaro)

Le minacce per la sicurezza di questi sistemi prendono il nome di “Beacon Hacking” "piggybacking" che fondamentalmente consistono in un'alterazione fraudolenta del segnale trasmesso che però può essere sventata con particolari misure di sicurezza (adottando un protocollo di trasferimento dati sicuro in grado di tracciare la posizione dei dispositivi collegati all'interno di un'area coperta da segnale).

A differenza della localizzazione WiFi, grazie alla quale una volta che un utente si collega alla rete è in grado di rilevare la sua presenza, per i sistemi beacon l'utente può scegliere se essere localizzato o meno. Questo significa che le aziende, interessate al monitoraggio degli utenti, devono attuare incisive campagne di marketing per convincere i propri clienti ad essere monitorati. Infatti, a differenza di come molti pensano, i beacon trasmettono solo un segnale in uscita e non ricevono o memorizzano ulteriori informazioni se non con esplicito consenso dell'utilizzatore. I principali costi associati a un sistema di radiofari sono relativi all'hardware, ai costi di distribuzione e installazione e ai costi di licenza relativi al trasferimento dati. I beacon sono relativamente economici. Ad oggi il prezzo di un'antenna trasmittente si aggira tra i 5 e 30 dollari, ma ci si aspetta un calo quando la tecnologia raggiungerà la piena maturità.

Secondo un rapporto ABI Research, i ricavi totali per i 60 milioni di radiofari installati previsti entro il 2019 saranno di 500 milioni di dollari, indicando un costo unitario di circa 8 dollari.

Il numero di beacon richiesti per un'installazione dipende dalla dimensione dello spazio che si vuole monitorare. In generale però questa è una soluzione più costosa del GPS, ma meno dei lettori RFID o dei punti di accesso WiFi.

Ai costi sopracitati si possono anche aggiungere i costi relativi alla fornitura di appositi dispositivi riceventi (non inferiori a 50 dollari a dispositivo) nel caso in cui non si vogliano sfruttare le antenne degli smartdevice.

In ambito aeroportuale i possibili sviluppi della tecnologia potrebbero essere:

- passenger location: i passeggeri che avranno attiva la specifica app della compagnia aerea con cui stanno viaggiando potranno essere monitorati da quest'ultima all'interno del terminal. Questo può essere utile non solo per

l'invio di informazioni rilevanti per il passeggero, ma anche per la loro individuazione in aeroporto se sono in ritardo al gate.

- Invio carte di imbarco: i beacon localizzati in punti strategici del edificio aeroportuale (check-in, stazioni di controllo passaporti, aree di raccolta bagagli, gate di partenza) potrebbero essere utilizzati per inviare la carta di imbarco sul display dello smartphone del passeggero.
- Navigazione interna: il sistema beacon può rappresentare un modo economicamente vantaggioso e più preciso di guidare il passeggero all'interno del terminal. Attualmente sono disponibili altre tecnologie basate ad esempio su triangolazione WiFi. Ma è dimostrato che l'infrastruttura BLE presenta costi di installazione e gestione più contenuti nonché una maggiore precisione.
- Promozione presso i punti di vendita al dettaglio. I fari possono innescare messaggi contestualmente rilevanti per i passeggeri che si trovano in, o nelle vicinanze, di specifici negozi.
- Recupero bagagli. Un radiofaro nella zona di recupero bagagli potrebbe inviare un messaggio ai passeggeri in arrivo informandoli sullo stato di consegna del bagaglio e sui tempi stimati per il recupero.

#### 2.1.2.5 Bar Coded Boarding Passes (codici a barre bidimensionali)

BCBP (bar-coded boarding pass) è il nome dello standard utilizzato da più di 200 compagnie aeree. Esso altro non è che un codice a barre 2D stampato sulla carta di imbarco o inviato a un telefono cellulare.

Le compagnie aeree e terzi utilizzano un apposito lettore di codici per leggere i codici a barre e acquisire i dati. La lettura del codice avviene solitamente durante il processo di imbarco, ma può avvenire anche prima dei controlli di sicurezza. Lo standard è stato originariamente pubblicato nel 2005 da IATA e aggiornato nel 2008 per includere le simbologie per i telefoni cellulari e nel 2009 per includere un campo per una firma digitale.

Più che una tecnologia per il monitoraggio dei flussi il BCBP è una tecnologia per il conteggio degli utenti

Il BCBP rappresenta una tecnologia di comprovata stabilità ed in grado di conteggiare il 100% dei passeggeri e di identificarli in modo univoco. Tuttavia può essere implementata in poche sezioni del terminal e richiede il coinvolgimento del passeggero

#### 2.1.2.6 RFID

L'identificazione di frequenza radio, comunemente nota come RFID, è una forma di comunicazione wireless che utilizza onde radio per identificare e tracciare gli oggetti. RFID riprende la filosofia della codifica a barre e la estende con informazioni più tridimensionali e capacità di monitoraggio attive.

L'RFID, a differenza dei Codici a Barre e delle Bande magnetiche:

- non deve essere vicino per essere letto come le bande magnetiche;
- non deve essere visibile per essere letto come per i codici a barre;
- può anche aggiungere informazioni sui chip in funzione della tipologia utilizzata;
- ha un tempo per l'identificazione e la verifica di un decimo di secondo.

L'RFID è un sistema estremamente diffuso nell'ambito della distribuzione, nella logistica e nella gestione delle scorte per la capacità di identificare una molteplicità di elementi contemporaneamente senza una linea diretta di visione vista.

Un sistema RFID è costituito da tag, lettori che comunicano tra loro usando onde radio e software applicativo.

In termini generali, un sistema RFID è costituito da un dispositivo (tag o transponder) in cui sono memorizzate informazioni relative ad un oggetto (cui è applicato) che possono essere lette ed eventualmente riscritte da strumenti dedicati (detti lettori o ricevitori) per mezzo di radiocomunicazioni a distanza, e dunque senza necessità non solo di contatto fisico, ma anche (almeno in teoria) di visibilità diretta fra i dispositivi. L'accesso ad informazioni a distanza facilita evidentemente

l'automatizzazione di una vasta serie di operazioni, con conseguente riduzione di costi e tempi ed aumento di efficienza e qualità.

Esistono due tipi principali di tag a radiofrequenza. Il più diffuso ed economico è di tipo passivo. Esso non contiene al suo interno alcuna batteria, ma solo un chip e un'antenna che ha il compito, oltre che di ricevere e trasmettere dati, anche di trasformare l'energia elettromagnetica in energia elettrica per alimentare il sistema di trasmissione.

I tags di tipo attivo contengono invece una sorgente di alimentazione propria, di solito una piccola batteria al litio. Questa oltre che ad alimentare i circuiti di ricetrasmisione, può servire per tenere attiva una memoria RAM statica nella quale memorizzare i dati relativi al tag. Il vantaggio di utilizzare un'alimentazione interna consiste nella possibilità di realizzare sistemi che lavorino con frequenze del segnale più elevate e che abbiano un raggio di azione anche di 100 metri (SoftWork 2010).

Vi è una grande variabilità del costo e delle funzioni dei sistemi RFID basati sui diversi tipi di tag e lettori. Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva con le principali caratteristiche dei tipi di tag più diffusi.

RFID Frequency	Band	Range	Costo del tag	Considerazioni	Usi tipici
<b>Bassa Frequenza (LF)</b>	30 KHz - 300KHz	~10cm	50¢ - \$2	Bassa velocità di lettura ma bassa sensibilità alle interferenze radio	Controllo accessi
<b>Alta frequenza (HF)</b>	3 - 30 MHz	10cm - 1m	50¢ - \$2	Moderata sensibilità alle interferenze	Ticketing, Pagamenti e trasferimento dati
<b>Frequenza ultra alta (UHF)</b>	300 MHz - 3 GHz (tipicamente 860 - 960MHz b)	Oltre i 12m	1¢ - 15¢	Alta velocità di lettura ma alta sensibilità alle interferenze radio	Gestione inventario, anti-contraffazione, configurazione wireless dei dispositivi
<b>Tag attivi (UHF)</b>	300 MHz - 3 GHz (tipical is 860 - 960MHz band)	Oltre i 100m	\$15- \$50	Emette il segnale ogni 30 secondi	Monitoraggio nei sistemi di trasporto

Tab. 1 Analisi dei costi delle soluzioni RFID

*(Watson 2013)*

I sistemi RFID, dal punto di vista dell'accessibilità, si presentano alquanto complessi. La distribuzione di un sistema RFID richiede diversi attori e molti componenti diversi. In genere, l'installazione di un sistema richiede hardware di base (tag e lettori) e il software applicativo.

Un tema comune con altre soluzioni di localizzazione è la compatibilità con i dispositivi mobili. Infatti il sistema RFID richiede hardware / firmware specifici in grado di elaborare segnali a particolari frequenze e ad oggi i principali produttori di smartphone, dato il costo elevato e la limitata spendibilità, non ritengono conveniente inserire nei loro device appositi sistemi di ricezione.

L'accuratezza RFID varia a seconda del tipo di tag, e dei lettori utilizzati. I principali fattori che influenzano la precisione sono:

- frequenza: maggiore è la frequenza, maggiore è la sensibilità alle interferenze;
- antenne dei tag: la maggior parte dei tag hanno antenne doppie per eliminare "zone morte" relative all'orientamento dei tag. Alcuni tag possono anche essere ottimizzati per la banda di frequenza al fine di migliorare le prestazioni;
- lettori e lettori-antenna: i sistemi near-field hanno un campo di lettura molto ridotto e quindi sono meno soggetti a interferenze. I sistemi far-field possono leggere fino a decine di metri ma hanno una comunicazione più debole.

Grazie alla maturità della tecnologia e alla gamma di soluzioni, con i sistemi RFID, è possibile lavorare in differenti condizioni di utilizzo.

In merito alla sicurezza l'unica vera minaccia alla comunicazione RFID è tra i tag e i lettori. Lo standard RFID Generation 3 UHF dovrebbe tuttavia presentare misure di sicurezza migliorate

Attualmente la sicurezza dei sistemi RFID è sottoposta ad una grande vigilanza soprattutto a seguito della diffusione di questa tecnologia per soluzioni di pagamento contactless<sup>11</sup>.

Data la variabilità della tecnologia, le soluzioni RFID presentano costi notevolmente differenti a seconda dei dispositivi utilizzati, sebbene negli ultimi anni si sia verificata una tendenza al ribasso legata alla diffusione della tecnologia. In generale, sebbene questi sistemi siano molto efficaci per la navigazione interna e le analisi di posizione, presentano un'infrastruttura estremamente costosa.

In ambito aeroportuale gli RFID sono utilizzati per la scansione dei passaporti di ultima generazione che integrano un chip RFID

#### 2.1.2.7 NFC

Gli NFC sono una sorta di RFID UHF. La tecnologia NFC è nota soprattutto per l'utilizzo nei pagamenti e può essere utilizzata anche per scambi di dati mono e bi-direzionali tra dispositivi distanziati non più di 10 cm.

La tabella seguente rappresenta alcuni dei vantaggi e dei rischi dei sistemi NFC.

<b>PRO</b>	<b>CONTRO</b>
Basso consumo di energia	Limitato raggio di azione
Precisione	Poco pratico per la localizzazione
Economico	Non è supportato dai nuovi dispositivi Apple

*Tab. 2 Analisi soluzione NFC*

Un esempio di metodologia di applicazione di tali tecnologie su smartphone potrebbe essere quella di inviare in forma digitale la carta d'imbarco 2D e memorizzarla poi

<sup>11</sup> Le carte di pagamento contactless o senza contatto sono un'applicazione della tecnologia RFID. A differenza delle carte tradizionali, dotate di banda magnetica o microchip, non richiedono l'inserimento fisico della carta nel lettore ma è sufficiente l'avvicinamento.

sulla scheda SIM. Sfiando poi lo smartphone un lettore NFC, la carta di imbarco viene autenticata e il passeggero può completare le fasi del proprio viaggio senza intervento umano.

In definitiva le tecnologie RFID e NCF non sono emerse come un'alternativa valida per il monitoraggio dei passeggeri.

#### 2.1.2.8 Video analisi ottiche

Le tecnologie CCTV per il conteggio utilizzano le tecniche di elaborazione delle immagini per individuare le persone come "bersagli mobili" all'interno del quadro di riferimento. Considerato che le persone si spostano attraverso l'immagine, il motore di elaborazione dell'immagine confronta fotogrammi per rilevare il movimento. Tali sistemi però possono essere negativamente influenzati da particolari condizioni di luce (condizione comune nei terminal a illuminazione naturale) e da movimenti molto lenti o code stazionarie. Altro punto a sfavore è rappresentato dal peso enorme dei dati che vengono immagazzinati per il conteggio e il tracciamento degli utenti e dalla necessità di adoperare specifici software (molto esosi di risorse) per l'elaborazione delle immagini.

Tale tecnologia permette di sfruttare le telecamere già esistenti (regolarmente calibrate e pulite per garantire la precisione), anche se per far fronte alle difficoltà prima citate è bene utilizzare macchine fotografiche ad alte prestazioni.

#### 2.1.2.9 Video analisi termiche

Una valida alternativa all'immagine reale è l'immagine termica. La firma termica degli utenti è ben più chiara e distinguibile rispetto alla classica fotografia (fatto salvo per quei casi in cui i passeggeri indossando giacche o cappotti che alterano la loro impronta termica), ed inoltre permette di non includere nel conteggio oggetti estranei come borse o carrelli. Inoltre l'accuratezza dell'immagine non è influenzata dalle particolari condizioni di luminosità.

#### 2.1.2.10 Video analisi biometriche

Con le tecnologie attuali è possibile seguire gli spostamenti degli utenti utilizzando strumenti biometrici. L'analisi biometrica dei passeggeri, all'interno del terminal, va oltre il concetto di monitoraggio dei flussi ma permette di studiare i comportamenti delle singole persone. Con il riconoscimento facciale, in tempo reale, è possibile monitorare le attività dei passeggeri così da estrarre da esse informazioni utili sia ai fini commerciali, ma anche per sviluppare sistemi di wayfinding più adatti al caso. Attualmente i costi di installazione e gestione delle infrastrutture di riconoscimento biometrico sono proibitivi ma non si esclude la possibilità per tali dispositivi, in futuro, di entrare a far parte del set di strumenti operativi di gestione aeroportuale.

## 2.2 Le attività dei passeggeri nel terminal

Nei seguenti paragrafi verranno dettagliatamente esposte le attività dei passeggeri all'interno di un terminal aeroportuale ponendo particolare attenzione alla differenza tra attività vincolanti, ai fini dell'imbarco e dello sbarco, e attività discrezionali come l'utilizzo di altre strutture del terminal (biglietteria, servizio clienti, servizi igienici, negozi, etc.). Questo stato dell'arte si conclude con una rapida panoramica del sistema di retailer aeroportuale e degli sviluppi che negli ultimi anni hanno interessato il campo.

### 2.2.1 Generalità

Doganis (2005) definisce gli aeroporti come complesse imprese industriali progettate per facilitare il trasporto di merci e di passeggeri tra la modalità aerea e quella terrestre. Infatti, spesso ci si riferisce all'aeroporto come un'interfaccia tra il trasporto aereo e il trasporto terrestre. Come tale, esso è comunemente suddiviso in due parti: il lato terrestre (landside) e il lato aereo (airside). Quest'ultimo comprende tutte le aree connesse agli aeromobili, nonché aree dedicate a persone già in qualche modo "controllate". Solo al personale e ai passeggeri che dispongono di un valido documento di imbarco è consentito l'accesso all'airside, mentre il landside è fondamentalmente aperto al pubblico. In termini pratici, ciò significa che l'airside copre le aree dei controlli di sicurezza, dei processi di immigrazione e di imbarco, nonché le aree di servizio tra le aree inaccessibili a persone non autorizzate; il landside, d'altro canto, include parcheggi, aree di check-in, servizi antecedenti al check-in e ogni altra area pubblica del terminal.

Gli elementi principali che caratterizzano la capacità dell'airside sono:

- numero e lunghezza delle piste per il decollo e l'atterraggio;
- dimensione dell'area di stazionamento;
- numero di stalli per gli aeromobili;
- numero e dimensioni delle piste di rullaggio;
- attrezzature per il decollo e l'atterraggio.

Le caratteristiche che influiscono sulla capacità del landside sono:

- numero di banchi di accettazione;
- numero di varchi di sicurezza;
- numero di gate;
- sistema di smistamento bagagli;
- sistema di gestione dei flussi dei passeggeri in partenza, di arrivo e in transito (Guizzi et al 2009)

I principali agenti all'interno di un aeroporto sono:

- I passeggeri che rappresentano uno dei principali clienti dell'aeroporto, utilizzano la struttura per motivi di viaggio piuttosto che come un luogo di lavoro. Ci sono tre tipi di passeggeri: quelli che partono dall'aeroporto, quelli che arrivano e quelli che lo usano come luogo di transito per il trasbordo da un aereo all'altro.
- I wavers (Livingstone et al. 2012), ovvero coloro che accompagnano o prelevano i passeggeri in aeroporto e non hanno come obiettivo di spostamento il proprio imbarco;
- Utenti non aeronautici, ovvero dei visitatori dell'aeroporto;
- Dipendenti dell'aeroporto o delle compagnie aeree;
- Gli agenti di sicurezza e i poliziotti.

Nell'ambito di questo lavoro di tesi ci si è concentrati unicamente sui passeggeri e sulle loro attività.

Il flusso di passeggeri nel terminal può seguire tre differenti traiettorie a seconda di come essi vengono processati e come si spostano all'interno della struttura. È dunque possibile individuare:

- Passeggeri in partenza;
- Passeggeri in arrivo;
- Passeggeri in transito.

Ogni categoria di passeggeri si comporta in maniera differente in termini di utilizzo delle strutture aeroportuali e di attività. Livingstone et al. (2012) hanno diviso le

attività in attività di processamento e attività discrezionali: le prime sono le attività che devono essere necessariamente espletate per imbarcare, sbarcare e trasbordare, mentre le seconde sono quelle attività intraprese dagli utenti tra un'attività di processamento e un'altra (Popovic et al., 2009). Esse comprendono sostanzialmente l'utilizzo dei servizi dell'aeroporto (infopoint, strutture per shopping e food and beverage, servizi igienici, etc.).

#### 2.2.1.1 Attività di processamento

#### 2.2.1.2 Partenza

Nel processo di movimentazione dei passeggeri in partenza è possibile individuare alcuni momenti chiave:

- arrivo al terminal
- check-in (registrazione);
- security check (controllo di sicurezza);
- border control (controllo frontaliero);
- boarding (imbarco);

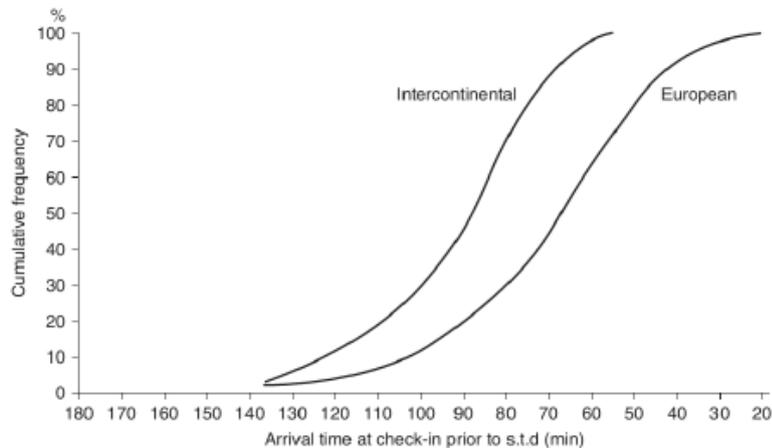
Volendo esplicitare ogni punto potremmo però ottenere un elenco più dettagliato:

##### Arrivo al terminal

I passeggeri di solito arrivano all'aeroporto in strada o in ferrovia (tipicamente in metropolitana), sia con mezzi pubblici che privati.

Una volta giunti in aeroporto, il loro obiettivo è quello di riuscire a prendere in tempo il proprio volo. A seconda del tipo di volo, della destinazione, della compagnia aerea e con l'obiettivo di anticipare possibili code e ridurre la possibilità di ritardi dovuti al parcheggio i passeggeri possono recarsi al terminal fino a tre ore prima della partenza voli (Jousta e Dijk, 2001).

Ashford, Mumayiz e Wright (2011) hanno individuato una funzione di arrivi cumulati dei passeggeri all'interno di un terminal britannico. I ricercatori hanno messo in relazione il tempo che manca alla partenza di un volo con la percentuale cumulata di passeggeri, appartenenti a quel volo, che si reca ai banchi check-in. Come è possibile notare dalla figura sottostante quasi tutti i passeggeri di un volo internazionale arrivano 60 minuti prima dell'orario di partenza previsto per il volo. Mentre, per i voli nazionali, la soglia si abbassa a 20 minuti.



*Fig. 2 Relazione tra arrivi e tempo mancante alla partenza (Ashford, et al,2011).*

Il modello di arrivo può essere influenzato da molteplici fattori come l'accessibilità all'aeroporto, la disponibilità di trasporti pubblici, gli standard di sicurezza del terminal e le condizioni del traffico. La curva di carico per un volo può, inoltre, non essere costante durante la giornata (Ahyudanari, 2003; Stefanik, Kandra, & Badanik, 2012). Nonostante ciò, gli aeroporti condividono una serie di caratteristiche comuni relative ai tassi di arrivo per i passeggeri internazionali.

- Quasi tutti i passeggeri internazionali arrivano almeno un'ora prima dell'orario previsto per la partenza del volo;
- I passeggeri per svago arrivano prima di chi si sposta per lavoro;

- Per ogni volo, i periodi di punta per il check-in si verificano solitamente tra 100 e 120 minuti prima dell'orario di partenza previsto;
- I periodi di punta al mattino sono relativamente più brevi ma più impegnativi rispetto a quelle del pomeriggio e della sera (Ahyudanari & Vandebona, 2005; Ashford, Mumayiz e Wright (2011)

In letteratura sono disponibili delle curve di carico<sup>12</sup> per simulare il processo di arrivo dei passeggeri al terminal. Le curve proposte dallo IATA (IATA, 2004) modellano il tasso di arrivo dei passeggeri ai banchi check-in. Dato che il check-in è la prima attività vincolante dei passeggeri è ragionevole presumere che la stesse legge degli arrivi caratterizzi il processo di arrivo al terminal. Le curve IATA si differenziano per tipologia di volo (nazionale-internazionale) e per fascia oraria di partenza del volo (00:00-06:00, 06:00-10:00, 10:00-18:00, 18:00-24:00).

#### Check-in

Nel caso in cui il passeggero non lo abbia già fatto autonomamente (check-in on line), è necessario espletare le procedure di registrazione. Tale processo non richiede necessariamente l'intervento di un addetto ma può essere svolto autonomamente attraverso chioschi o dispositivi mobili (in alcuni casi le compagnie obbligano i passeggeri ad effettuare il check-in solamente in modalità self-service). Il processo di check-in consiste:

- nella verifica del biglietto del passeggero (che può essere acquistato anche in apposite strutture all'interno del terminal),
- nella verifica dei dati personali;
- nella consegna della carta di imbarco;
- nella presa in consegna di un eventuale bagaglio da stiva;

---

<sup>12</sup> Una curva di carico è una relazione che lega la percentuale cumulata di passeggeri che si reca in aeroporto con il tempo che manca alla partenza.

- nel controllo di un ed eventuale bagaglio a mano (in tal caso, se il bagaglio rispetta i limiti di peso e forma, viene controllato da un addetto, ma in alcuni aeroporti tale procedura può essere automatizzata).

In particolari circostanze (poco comuni) il check-in può essere espletato nella struttura alberghiera o in altre strutture associate all'aeroporto come le stazioni ferroviarie<sup>13</sup>.

Con riferimento al check-in al desk esistono due tipi di sistemi di registrazione attualmente in uso.

- completely restricted check-in
- common check-in

In base al primo tipo di check-in il servizio viene fornito da un unico desk che viene aperto dalle 2 alle 3 ore prima della partenza del volo e viene chiuso 30-45 minuti prima.

Con il secondo sistema, ogni passeggero può effettuare il check-in per il proprio volo in uno dei numerosi sportelli fino al "close-out" (Lee et al. ,1959)

Dopo aver effettuato il check-in, i passeggeri possono dirigersi direttamente alla prossima tappa obbligatoria, che è il controllo di sicurezza. In alternativa, potrebbero trascorrere un po'di tempo nella sala d'ingresso dell'aeroporto, dove sono generalmente disponibili diversi servizi e strutture per spendere tempo e denaro. Gli utenti potrebbero ovviamente utilizzare tali servizi prima di effettuare il check-in, ma, in termini statistici, tendono ad utilizzarli dopo la procedura di registrazione.

### Security check

Security check. Alle stazioni di controllo, che sanciscono il confine tra airside e landside, ciascun passeggero viene controllato individualmente insieme a tutti i suoi

---

<sup>13</sup> In alcune città (tra cui Bangkok, Dubai, Hong Kong, Kuala Lumpur, Nuova Delhi, Chennai, Seoul e Taipei), alcune compagnie aeree forniscono servizi di check-in in città, consentendo ai passeggeri di controllare i loro bagagli ai banchi del check-in situati in terminali ferroviari o della metropolitana fino a un giorno prima del tempo. A Seoul, ad esempio, Korean Air, Asiana Airlines e Jeju Air offrono servizi di check-in alla stazione di Seul. A Kuala Lumpur, Malaysia Airlines e Cathay Pacific offrono il check-in in città a KL Sentral.

bagagli a mano. Gli oggetti personali e i bagagli vengono posizionati su un nastro trasportatore per essere scansionati, mentre il passeggero passa attraverso un metal detector. Oggetti considerati in qualche modo pericolosi vengono trattiene dal personale addetto. Durante questo processo non viene fatta alcuna distinzione tra le categorie dei passeggeri - tutti aspettano nelle stesse code e il processo è lo stesso per ogni singola persona. Sono però frequenti dei servizi fast-track che possono essere acquistati dal passeggero per saltare le file o ridurre il tempo speso in coda. Prima e dopo i controlli di sicurezza il passeggero è libero di eseguire attività discrezionali non correlate alle operazioni necessario per l'imbarco.

#### Border control

Controllo frontaliero (border control). Nei terminal europei, se il passeggero si sta spostando tra due destinazioni Schengen<sup>14</sup>, non deve effettuare altri controlli prima dell'imbarco; Altrimenti, deve effettuare il controllo frontaliero. Generalmente tra i controlli di sicurezza e l'imbarco, passa abbastanza tempo per far sì che i passeggeri usufruiscano di alcuni servizi dell'aeroporto. Essi quindi possono intraprendere delle attività oppure aspettare in apposite aree di attesa.

#### Boarding.

Mediamente circa un'ora prima del decollo viene comunicato il gate di imbarco per lo specifico volo. Una volta che l'aereo è pronto al decollo, viene "chiamato il volo". Prima di imbarcare, i passeggeri effettuano l'ultimo controllo (gate control) dove vengono esaminati i propri documenti identificativi (passaporto o carta di identità) e le carte di imbarco. Anche in questa fase il passeggero è obbligato a mettersi in coda;

---

<sup>14</sup> Lo spazio Schengen è una zona di libera circolazione dove i controlli alle frontiere sono stati aboliti per tutti i viaggiatori, salvo circostanze eccezionali. Lo spazio Schengen è attualmente composto da 26 paesi, di cui 22 membri dell'Unione europea e quattro non membri (Islanda, Liechtenstein, Norvegia e Svizzera). Non ne fanno parte Bulgaria, Cipro, Croazia, e Romania, per cui il trattato non è ancora entrato in vigore, e Irlanda e Regno Unito, che non hanno aderito alla convenzione esercitando la cosiddetta clausola di esclusione (opt-out).

in questo caso però le file posso essere differenziate sulla base di alcune caratteristiche dei passeggeri.

I gate chiudono usualmente 10-15 minuti prima del decollo.

### 2.2.1.3 Arrivi

Dopo il decollo, la tratta aerea e l'atterraggio, i passeggeri destinati a cambiare volo vengono deviati attraverso la parte del transito, chi è invece giunto a destinazione passa nuovamente i controlli di identità.

A seconda della configurazione del terminal, prima dei controlli frontaliери sono possibili attività discrezionali. Un'eccezione qui sono i cosiddetti "dirty passenger" (passeggeri sporchi), ovvero quei passeggeri che arrivano da un volo originato da un paese con standard di sicurezza inferiori rispetto agli standard dell'aeroporto di destinazione e sono quindi considerati non sicuri. I passeggeri sporchi di questi voli arrivano su un molo separato che non garantisce l'accesso ad altre strutture. Di conseguenza, questi passeggeri possono solo procedere direttamente al controllo di frontiera.

Dopo i controlli il passeggero può accedere ad un nastro trasportatore da cui recupera il bagaglio precedentemente consegnato al check-in in cambio di una ricevuta. Il personale dell'aeroporto può controllare che i viaggiatori siano gli effettivi proprietari del bagaglio verificando questa ricevuta. Il regolare arrivo dei bagagli e la loro consegna sono tra le procedure più soggette ad errori ed inconvenienti (soprattutto se i bagagli sono privi dell'indicazione del proprietario o se il viaggio è interrotto da trasbordi).

Il viaggiatore, per finire, passa attraverso i controlli doganali (in alcuni casi i flussi internazionali devono prima sottoporsi ad un controllo sanitario). Un corridoio segnalato con un cartello verde è riservato ai passeggeri che non hanno nulla da dichiarare (vengono comunque effettuati di controlli random). Gli altri scelgono il percorso segnalato da un cartello rosso per espletare le dovute dichiarazioni alla

dogana. Questa forma di trattamento velocizza notevolmente il flusso attraverso l'area doganale, senza alcun apparente aumento di gravi reati di contrabbando.

Nella maggior parte dei casi, il tempo medio di servizio per il controllo doganale è vicino allo zero, dato che molti passeggeri non hanno merce da dichiarare. Per alcuni voli ad alto rischio, potrebbero essere predisposti controlli elaborati dei bagagli, aumentando considerevolmente il tempo di processamento.

Fatto ciò, il viaggiatore entra nella zona accessibile al pubblico per poi recarsi al prossimo mezzo di trasporto

#### 2.2.1.4 Trasbordi

Il processo di trasferimento contiene elementi sia dell'arrivo che della partenza. Dallo sbarco fino alle aree di attesa esso è uguale al processo di arrivo. A partire da questo punto, i passeggeri in transito possono essere equiparati ai passeggeri in partenza.

I passeggeri in transito non sono soggetti a controlli sanitari, a controllo passaporto e alle formalità doganali (fatto salvo i dirty passenger): i loro bagagli vengono trasferiti direttamente al loro volo senza passare attraverso ritiro bagagli e la dogana. Lo sbarco dei passeggeri internazionali, che vengono trasferiti a voli nazionali, deve passare attraverso tutti i controlli governativi

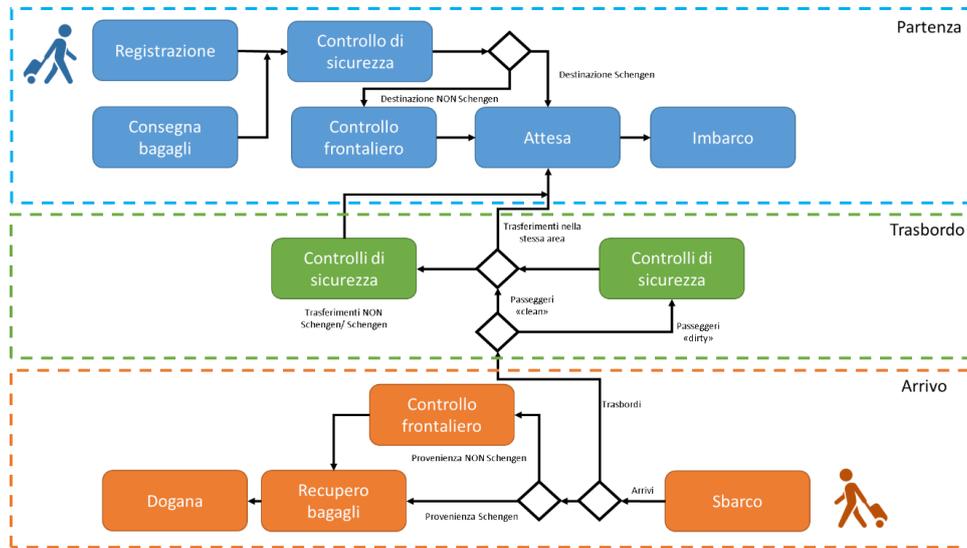


Fig. 3 Schema degli spostamenti dei passeggeri

### 2.2.2 Attività discrezionali

Dai precedenti paragrafi si è visto che esistono diversi passaggi obbligatori per i passeggeri che attraversano un terminal aeroportuale a seconda che essi siano viaggiatori in partenza, in arrivo o in transito. Nonostante queste fasi obbligatorie, il passeggero può impegnarsi in attività discrezionali ed è libero di decidere quando procedere all'attività di processamento successiva.

La rigidità e la linearità dell'iter di processamento dei passeggeri portano il vantaggio di rendere piuttosto prevedibili le attività che essi svolgeranno nel terminal. Ad esempio, è certo che un passeggero che entra in coda ai varchi di sicurezza in un determinato momento entrerà nell'airside alcuni momenti dopo, a seconda dell'attuale lead time. D'altra parte però, i passeggeri che hanno molto tempo a disposizione prima della partenza del volo possono impegnarsi in attività discrezionali, che sono più difficili da prevedere. (Rozema ,2017).

Le scelte che un passeggero compie in questo senso possono essere considerate come un comportamento (ad esempio la quantità di tempo che sceglie di trascorrere in un'area dell'aeroporto) che può essere messo in relazione a determinate caratteristiche del passeggero stesso.

Rozema definisce due tipi principali di caratteristiche: caratteristiche comportamentali e caratteristiche dei passeggeri. Queste ultime possono essere ulteriormente specificate in caratteristiche personali, caratteristiche del processo e caratteristiche del viaggio.

Le caratteristiche comportamentali riguardano il comportamento di un passeggero ad esempio: velocità di camminata, tempo trascorso nelle aree aeroportuali e attività discrezionali svolte in aeroporto.

Le caratteristiche del passeggero d'altra parte descrivono il passeggero stesso in base al quale esso può essere collocato in una classe comportamentale. Esempi di caratteristiche dei passeggeri potrebbero essere le caratteristiche socio-demografiche, il numero del volo e lo scopo del viaggio. Sulla base di queste caratteristiche, un passeggero può essere assegnato ad una classe comportamentale.

#### 2.2.2.1 Caratteristiche personali

Le caratteristiche personali riguardano specificamente un individuo. Ciò include le informazioni di base sulla persona, come età, sesso e nazionalità. Tuttavia, altre informazioni che non sono intrinsecamente connesse all'individuo fisico, come la composizione del gruppo o il bagaglio a mano, sono anch'esse considerate caratteristiche personali.

#### 2.2.2.2 Caratteristiche del processo

Più specificamente, le caratteristiche in questa categoria descrivono le attività discrezionali che un passeggero ha intrapreso e il tempo che ha dedicato a queste attività.

### 2.2.2.3 Caratteristiche del viaggio

Le caratteristiche del viaggio sono legate al viaggio del passeggero dal suo aeroporto di origine al suo aeroporto di destinazione e alle località dell'aeroporto associate a questo viaggio. Questo include, tra gli altri, il numero del gate, la compagnia aerea e il numero del volo

### 2.2.2.4 Relazione tra caratteristiche del passeggero e comportamento

Le caratteristiche dei passeggeri sono in qualche modo legate alle caratteristiche comportamentali di un passeggero. In quanto tale, la combinazione delle caratteristiche del passeggero potrebbe spiegare le caratteristiche comportamentali. Ad esempio, ci si potrebbe aspettare intuitivamente che i viaggiatori esperti provino a ridurre al minimo il loro tempo in aeroporto e quindi a svolgere attività meno discrezionali. A tal proposito si riporta di seguito una tabella sintetica con i contributi individuati in letteratura che tentano di mettere in relazione le caratteristiche dei passeggeri con i loro comportamenti.

<b>Caratteristiche del passeggero</b>	<b>Relazione comportamentale</b>	<b>Riferimenti</b>
Età	I viaggiatori più giovani hanno maggiori probabilità di fare acquisti rispetto ai viaggiatori di mezza età, che svolgono più attività di utilizzo della struttura	X. Liu et al. (2014)
Tipo di compagnia	I passeggeri della compagnie low-cost hanno minore probabilità di consumare cibi o bevande in aeroporto	Castillo-Manzano and López-Valpuesta (2013)
Bagaglio a mano	Maggiore è il numero di bagagli a mano e minore sarà la probabilità di intraprendere attività ristorative	X. Liu et al. (2014)
Tipologia di check-in	I passeggeri che effettuano il check-in on line hanno meno probabilità di intraprendere attività discrezionali prima dei controlli di sicurezza	Kalakou and Moura (2015)

Grado di istruzione	I viaggiatori che presentano un livello di istruzione maggiore tendono a chiedere più informazioni all'interno dell'aeroporto	X. Liu et al. (2014)
Genere	I passeggeri di genere maschile tendono a chiedere più informazioni all'interno dell'aeroporto, mentre quelli di genere femminile presentano una più alta probabilità di intraprendere attività di shopping	X. Liu et al. (2014) Freathy & O'Connell (2012)
Composizione del gruppo	I passeggeri che viaggiano singolarmente presentano una minore probabilità di effettuare acquisti, mentre i gruppi con bambini hanno meno probabilità di dedicarsi a ristoranti, negozi e altre attività che prevedano attività l'utilizzo delle strutture aeroportuali	X. Liu et al. (2014) Freathy & O'Connell (2012)
	I passeggeri non business che viaggiano in gruppo hanno un margine di sicurezza di arrivo più ampio rispetto ai singoli viaggiatori non business	Tam, Lam, and Lo (2008)
	I passeggeri che viaggiano in gruppo sono più propensi a impegnarsi in attività ristorative	Castillo-Manzano and López-Valpuesta (2013)
	I passeggeri che viaggiano in gruppi che includono bambini hanno meno probabilità di impegnarsi in attività ristorative	Castillo-Manzano and López-Valpuesta (2013)
	La presenza di wavers è positivamente correlata sia al tempo che i passeggeri impiegano in attività discrezionali sia alla probabilità di effettuare acquisti	Livingstone et al. (2012)
Reddito	I viaggiatori ad alto reddito hanno maggiori probabilità di dedicarsi a negozi e attività ristorative	X. Liu et al. (2014)
Luogo di residenza/ destinazione	I passeggeri che non vivono nella città dell'aeroporto, che stanno viaggiando verso una destinazione internazionale e arrivano all'aeroporto accompagnati da wavers, sono più propensi a svolgere attività discrezionali prima del controllo di sicurezza	Kalakou and Moura (2015)
Durata dell'intero spostamento	I passeggeri che effettuano il viaggio di andata e di ritorno nella stessa giornata spendono poco tempo e pochi soldi nei negozi	Freathy & O'Connell (2012)
Tempo trascorso in aeroporto	Maggiore è il tempo trascorso in aeroporto e maggiore sarà la probabilità di consumare cibi o bevande	Castillo-Manzano and López-

		Valpuesta (2013)
	Il tempo speso in aeroporto e i consumi dei passeggeri sono positivamente correlati	Torres, Domínguez, Valdés, and Aza (2005) Lu (2014)
Classe di viaggio	I viaggiatori di classe economica hanno tempi di attesa più lunghi in ciascuna delle fasi di spostamento rispetto ai viaggiatori in business class	X. Liu et al. (2014)
Destinazione	I passeggeri intercontinentali presentano una maggiore probabilità di consumo di cibi e bevande	Castillo-Manzano and López-Valpuesta (2013)
Esperienza di volo	I frequent flyer tendono a spendere pochi soldi all'interno del terminal	X. Liu et al. (2014)
	I frequent flyer e viaggiatori che hanno pianificato in anticipo le loro attività in aeroporto hanno meno probabilità di svolgere attività discrezionali prima del controllo di sicurezza	Kalakou and Moura (2015)
Scopo del viaggio	I viaggiatori per affari presentano una maggiore probabilità di effettuare acquisti prima dei controlli di sicurezza	Kalakou and Moura (2015)
	I passeggeri per affari quando si recano in aeroporto in autobus o in taxi, arrivano con un anticipo maggiore rispetto ai viaggiatori che non viaggiano per lavoro	Tam et al. (2008)

Tab. 3 Caratteristiche dei passeggeri e relazione con i comportamenti (Rozema 2017)

X. Liu et al. (2014) descrivono cinque tipi di attività discrezionali: attesa, richiesta di informazioni, consumo di pasti, shopping, uso delle strutture.

Gli autori hanno esaminato solo i passeggeri in partenza e hanno tratto diverse conclusioni interessanti riguardo alla relazione tra caratteristiche dei passeggeri e comportamento, come mostrato nella tabella precedente.

Kalakou e Moura (2015) hanno costruito un modello di scelta discreta per simulare i comportamenti dei passeggeri in partenza prima dei filtri di sicurezza, sulla base dei dati raccolti presso l'aeroporto di Lisbona Portela.

Tam et al. (2008) hanno modellato il comportamento dei passeggeri sulla base di indagini SP e RP effettuate all'aeroporto internazionale di Hong Kong simulando la scelta della modalità di accesso e la scelta del margine di sicurezza di arrivo.

Castillo-Manzano e López-Valpuesta (2013) hanno studiato il comportamento dei passeggeri rispetto alle strutture di ristorazione negli aeroporti, sulla base di indagini effettuate in otto diversi aeroporti, ottenendo un campione di ben 37.000 i passeggeri. Hanno concluso che mangiare e bere sono le attività discrezionali più eseguite negli aeroporti. Il fattore che più influenza queste attività è il tempo di attesa. Inoltre, ben 22 variabili relative ai passeggeri e al loro viaggio sono risultate significativamente correlate alla probabilità di consumare cibo o bevande.

Lo studio di Livingstone et al (2012) effettuato su due aeroporti australiani ha messo in luce come i passeggeri, nel landside, dedichino quasi la metà del loro tempo in attività discrezionali. Inoltre dal lavoro è emersa l'importanza dei wavers e di come, la loro presenza possa incidere sul tempo e sull'ammontare di spesa destinato al comparto retail.

Nel loro lavoro Freathy e O'Connell (2012) hanno registrato che un passeggero spende in media 33 minuti nelle aree commerciali, anche se il comportamento è molto disperso: alcuni passano attraverso l'area commerciale senza neppure fermarsi, mentre altri trascorrono molto tempo tra i negozi. Gli autori hanno anche individuato tre tipi di attività (shopping, attività ristorative e attività non commerciali) e per ogni attività hanno registrato il tempo medio speso dai passeggeri in quella attività

Essi hanno riconosciuto che le principali variabili esplicative relative alle differenze di comportamento commerciale sono il genere, la composizione del gruppo, la durata del volo, la frequenza del viaggio, lo scopo del viaggio e la durata della visita.

Oltre all'effetto delle caratteristiche personali, anche l'aeroporto stesso ha un effetto sul comportamento dei passeggeri. Nei grandi aeroporti, i viaggiatori presentano una minor probabilità di aspettare prima di effettuare il check-in e di svolgere quindi attività discrezionali. Allo stesso modo, nei piccoli aeroporti, i viaggiatori hanno meno probabilità di svolgere attività di shopping, sebbene ciò possa essere dovuto al fatto che ci sono poche strutture commerciali (X. Liu et al., 2014). Inoltre, numerosi

studi hanno trovato effetti moderatori della pressione del tempo sul comportamento dello shopping (Lin & Chen, 2013). Viceversa, il tempo trascorso in un aeroporto e il consumo da parte dei passeggeri sono correlati positivamente (Torres et al., 2005). Come mostrato, esistono quindi diverse relazioni consolidate tra le caratteristiche dei passeggeri e il comportamento. Tuttavia, va notato che tutti i lavori di riferimento hanno utilizzato sondaggi. Di conseguenza, si dovrebbe tener conto del fatto che non tutte le caratteristiche dei passeggeri menzionate possono essere praticamente acquisite in un contesto operativo. Ad esempio, non è possibile acquisire il livello di istruzione o il reddito di una persona senza chiederlo specificamente (Rozema 2017).

### 2.2.3 Il retailer aeroportuale

Uno sviluppo chiave nell'evoluzione del settore aeroportuale è stato l'incremento della dipendenza dalle entrate non aeronautiche o commerciali, attribuibile a diversi fattori (Graham, 2013). Negli ultimi 10-15 anni, al settore aereo è stato chiesto di rispondere ad una serie di pressioni commerciali che avrebbero potuto compromettere la futura "vitalità" di un certo numero di aeroporti, soprattutto europei. In particolare il calo delle entrate aeronautiche, l'abolizione delle imposte e tasse all'interno del panorama aeronautico europeo hanno notevolmente limitato la capacità di generazione di utili di molte autorità aeroportuali (Castillo-Manzano 2010; Geuens, Vantomme, and Brengman 2004; Graham 2013).

Negli ultimi tre decenni, il settore aeroportuale ha registrato significativi cambiamenti strutturali e compositivi. Il modo in cui molti aeroporti vengono finanziati, controllati e governati si è radicalmente modificato (Doganis, 2009; Vasigh, Erfani e Miner 2009). Tradizionalmente gli aeroporti sono stati amministrati e controllati dal governo centrale o da un organismo nominato dallo Stato, essendo di fatto in competizione con altri settori della spesa pubblica quali l'istruzione, la sanità e la difesa. Oggi, sebbene molti aeroporti in tutto il mondo hanno ancora una qualche forma di proprietà pubblica, i regimi di finanziamento sui quali essi operano sono notevolmente variati, prevedendo una maggiore partecipazione del settore privato (Graham 2013). Il movimento verso la privatizzazione è stato voluto

principalmente dagli organi statali desiderosi di evitare gli oneri finanziari legati al sovvenzionamento dell'aeroporto con investimenti di capitale (Graham 2013).

La privatizzazione del settore ha dato un maggiore impulso allo sviluppo di politiche commerciali più diversificate. Un approccio più business-oriented nella gestione aeroportuale ha anche messo in risalto la priorità data alle strutture commerciali. Tali impianti sono stati tradizionalmente considerati secondari rispetto alle strutture essenziali per la fruizione del servizio aereo. Attualmente, invece, i manager sono ansiosi di adottare strategie più creative e fantasiose per sfruttare tutte le possibili opportunità di ricavi aeronautici e non (Graham 2013). Come evidenziato nel rapporto ACI<sup>15</sup> 2007, nel 1990 circa il 30 % delle entrate aeroportuali sono state ricavate da fonti non aeronautiche. Nel 2007, questa cifra era salita tra il 50 % e il 60 %. Ciò è in parte stato generato da politiche governative volte a favorire il turismo e in parte causato dalla natura competitiva del settore aereo che opera sui margini limitati per mantenere le tariffe basse (Doganis 2009). Inoltre la crescente concorrenza tra gli aeroporti e in particolare tra gli hub aeroportuali, ha giocato ruolo fondamentale nello sviluppo dei ricavi non aeronautici.

Poi ci sono le esigenze delle compagnie aeree. Un ambiente più competitivo e rendimenti in calo hanno costretto molte compagnie aeree ad adottare politiche di riduzione dei costi come out-sourcing, riduzione del personale, stabilizzazione del livello dei salari. Di conseguenza, sempre più spesso, le compagnie chiedono agli aeroporti tagli ai costi di gestione, incremento di efficienza e riduzione delle tasse aeroportuali. L'impatto di tali pressioni (tra cui anche le limitazioni della libertà di aumentare le tariffe aeronautiche da parte dei governi), ha incoraggiato gli aeroporti a guardare a modi alternativi per la crescita del loro business, dando maggiore attenzione alle strutture commerciali (Graham 2013).

---

<sup>15</sup> Airports Council International (ACI) è l'unico rappresentante per il commercio globale degli aeroporti di tutto il mondo. Fondato nel 1991, ACI rappresenta gli interessi degli aeroporti con i governi e le organizzazioni internazionali, sviluppa gli standard, le politiche e le raccomandazioni pratiche per gli aeroporti e fornisce informazioni e opportunità di formazione per elevare gli standard di tutto il mondo.

In particolare, si è registrato un aumento significativo dello spazio dedicato alla vendita al dettaglio<sup>16</sup>, un ampliamento della gamma di merchandise offerto, e numerosi tentativi da parte di diverse autorità aeroportuali di sviluppare strategie di segmentazione del passeggero. Anche a seguito di questi sviluppi, l'ambiente aeroportuale è diventato oggetto di notevole attenzione accademica.

L'estensione delle attività non aeronautiche dipende dallo spazio disponibile in aeroporto, dalla filosofia di gestione del terminal e dal traffico dei passeggeri. A volte i servizi non aeronautici possono raggiungere una diffusione tale da ostacolare il processo di movimentazione. Ad esempio, possono limitare la capacità di banchi check-in, interrompere il flusso di passeggeri in partenza o ridurre la visibilità delle indicazioni.

Tuttavia con una corretta gestione dei passeggeri, le attività commerciali possono anche essere utilizzate a vantaggio del processo di movimentazione interno: le attività offerte possono infatti deviare i passeggeri dai grandi flussi di circolazione in aeroporto e aiutare a distrarre l'attenzione degli utenti da problemi e irregolarità nel sistema.

Per quanto riguarda i bisogni e i desideri dei passeggeri che giungono in aeroporto, essi stanno gradualmente cambiando. I viaggiatori non si aspettano più solamente il classico negozio duty-free last minute, ma richiedono una vasta gamma di servizi che vanno dalla ristorazione raffinata al business hotel, oltre agli ormai onnipresenti supermercati, cinema, centri fitness, aree gioco per bambini etc (Graham 2013).

C'è da dire però che l'ingresso prepotente delle strutture commerciali nei terminal aeroportuali non è stato accolto favorevolmente da tutti i viaggiatori. I passeggeri che si spostano per affari infatti non apprezzano percorsi tortuosi e le distrazioni offerte dai numerosi negozi.

---

<sup>16</sup> Si vedano a proposito i casi di ampliamento della superficie commerciale del Liverpool's John Lennon airport o il caso dell'Heathrow Terminal 5

Inoltre la crescente concorrenza tra gli aeroporti e in particolare tra gli hub aeroportuali, ha giocato ruolo fondamentale nello sviluppo dei ricavi non aeronautici (Graham 2013).

Fermo restando che la ragione principale per cui un passeggero sceglie un certo aeroporto sarà legata inevitabilmente alla natura dei servizi aerei che questo offre, alla comodità della posizione dell'aeroporto stesso e al regime tariffario, c'è comunque da sottolineare che, soprattutto per i passeggeri in transito, la presenza e la convenienza degli esercizi commerciali all'interno del terminal potrebbe influenzarne la scelta. Alcuni aeroporti, come Amsterdam Schiphol e Singapore Changi, hanno eseguito impegnative campagne di marketing per evidenziare la qualità e il buon valore delle strutture commerciali che vengono offerte per il trasferimento dei passeggeri. Altri aeroporti sono andati oltre: in Medio Oriente, un certo numero di aeroporti come quello di Abu Dhabi tenta di utilizzare i propri negozi duty-free per catturare traffico, in particolare mediante incentivi e lotterie con premi di alto valore, come auto di lusso (Graham 2013).

L'ambiente aeroportuale è un luogo particolare dove fare shopping. I passeggeri infatti possono spendere sia in ristorazione, in souvenir o per smaltire gli ultimi soldi in valuta estera.

La vendita al dettaglio in aeroporto è però molto differente dalla vendita "per strada", infatti le persone che si recano in aeroporto devono prendere un volo piuttosto che fare shopping (Graham 2013).

Di conseguenza, i passeggeri avranno molto meno familiarità con l'area di shopping aeroportuale di quanto ne hanno con i negozi loro vicini. La paura di perdere l'aereo, lo stress del check-in e dei controlli di sicurezza, possono generare un considerevole senso di ansia sui passeggeri, che mal si abbina all'atmosfera di calma e relax necessaria affinché vengano effettuati degli acquisti. Un'analisi della motivazione ad acquistare è dunque molto importante. Ad esempio, si può distinguere tra shopping entertainment (regalo/acquisto della novità), shopping mirato (dolciumi, libri, articoli da bagno), shopping last minute o di emergenza, shopping di convenienza etc.

Per sfruttare appieno il potenziale di sviluppo commerciale dell' traffico interno, la gamma dei servizi offerti e anche la selezione del prodotto dovrebbero corrispondere alle preferenze e le esigenze di specifici tipi di passeggeri. Per raggiungere questo obiettivo, gli aeroporti, con i loro retail e F&B (food and beverage) partner, stanno dedicando sempre maggiori risorse per conoscere i propri clienti: analizzando i servizi offerti, l'origine e la destinazione dei viaggiatori e facendo complesse indagini di mercato.

Tali ricerche mirano a determinare chi e cosa compra nei negozi dell'aeroporto, chi non compra e perché, l'atteggiamento dei possibili acquirenti rispetto a prodotti con un particolare rapporto qualità-prezzo, etc.

I risultati delle ricerche vengono continuamente aggiornati per seguire più da vicino l'evoluzione e i cambiamenti dei gusti dei viaggiatori.

Ad esempio, i viaggiatori d'affari, che hanno un tempo limitato per fare acquisti nel paese che stanno visitando, hanno livelli più elevati di reddito disponibile e hanno modelli di spesa identificabili. Gli aeroporti possono quindi rappresentare una delle principali opportunità per loro di acquistare i prodotti. Tuttavia, i viaggiatori d'affari sono meno propensi ad esplorare l'ambiente aeroportuale e possono considerare lo shopping come inutile e spesso spendere meno per ogni singolo viaggio a causa della loro alta frequenza di spostamenti.

In definitiva, al fine di generare un flusso di reddito costante per il rivenditore così come per l'autorità aeroportuale, è necessario segmentare la propria base di clienti, fornire una gamma mirata di negozi, e offrire una proposta commerciale credibile.

Le autorità aeroportuali hanno riconosciuto l'importanza di comprendere il comportamento dei passeggeri e delle strategie di segmentazione andando oltre la semplice definizione di viaggiatore/non- viaggiatore. I passeggeri dei voli charter, che si spostano per il tempo libero sono i favoriti dai commercianti per l'impulso a comprare e a utilizzare le strutture di F&B. I passeggeri di compagnie low-cost tendono invece a spendere prevalentemente in ristorazione a causa della mancanza di rinfreschi gratuiti durante il volo. Essi tendono inoltre ad utilizzare spesso il parcheggio auto a causa della relativa lontananza di alcuni aeroporti secondari,

serviti dalle compagnie low-cost, dai centri di interesse. I passeggeri per tempo libero a lungo raggio tendono a spendere più tempo in acquisti dei turisti a corto raggio. I viaggiatori d'affari regolari in genere hanno un tempo di permanenza più breve e sono meno propensi a girare per negozi, ma hanno livelli più elevati di reddito disponibile e gli aeroporti possono quindi rappresentare una delle principali opportunità per loro di acquistare i prodotti in un luogo dove sono solo di passaggio. Inoltre, l'adozione diffusa di lounge (salotti) delle compagnie aeree per i clienti business di prima classe ha ulteriormente ridotto la propensione a visitare i principali negozi del terminal. Come risultato di ciò, i viaggiatori d'affari effettuano raramente degli acquisti, anche se la loro spesa media d'acquisto è alta. Essi tendono anche a fare uso elevato di determinati servizi, come banche, auto a noleggio e alberghi aeroportuali e quando usano servizi F&B la loro spesa è meno vincolata in quanto è coperta da spese aziendali. Infine possono anche fare delle spese che ritengono opportune per il proprio lavoro come l'acquisto di una cravatta o simili (Graham 2013).

Region	% Retail concessions	% Food and beverage	% Car parking	% Rental car concession	% Property and real estate income or rent	% Advertising	% Other
Africa	42.9%	2.2%	14.6%	4.5%	20.9%	7.4%	7.5%
Asia-Pacific	44.5%	3.9%	10.6%	1.8%	23.1%	4.9%	11.2%
Europe	34.2%	3.9%	14.4%	3.3%	22.5%	2.6%	19.0%
Latin America-Caribbean	28.9%	6.7%	7.9%	3.1%	19.2%	4.9%	29.4%
North America	61.2%	3.8%	6.4%	0.8%	9.8%	1.5%	16.5%
Middle East	7.7%	6.7%	39.1%	16.8%	15.1%	5.8%	8.8%
World	28.9%	4.8%	20.2%	6.8%	20.1%	4.1%	15.1%

Tab. 4 Non-aeronautical revenue per passenger at ACI airports by world region, 2012

Per quanto riguarda i passeggeri in transito, è improbabile che essi possano usufruire di servizi come banche o uffici postali, e ovviamente non avranno bisogno di strutture per il parcheggio e noleggio auto. Essi possono effettuare degli acquisti se i prezzi sono competitivi e se ritengono di aver abbastanza tempo a disposizione tra un volo e l'altro. Risulta quindi difficile per un aeroporto, da un lato, massimizzare

le opportunità commerciali per i passeggeri in transito, e dall'altro aumentare la propria efficienza come hub fornendo connessioni veloci.

Nella maggior parte degli hub principali, ci saranno anche passeggeri che trascorrono un considerevole periodo di tempo nella zona airside. Diversi aeroporti hanno sviluppato alcune strutture airside abbastanza fantasiose. Ad esempio, l'aeroporto di Singapore Changi dispone di una piscina, una sauna, una palestra e un cinema, e se i passeggeri in transito rimangono per più di cinque ore, si può organizzare un tour in autobus di Singapore. Nell'aeroporto di Amsterdam è possibile trovare una galleria d'arte e un casinò. La maggior parte degli aeroporti hanno strutture commerciali come sale riunioni, segreteria, accesso internet etc. che sono ben utilizzate dai passeggeri in transito. Stanno inoltre prendendo sempre più piede centri relax, impianti fitness e poli sanitari. Un esempio interessante è l'aeroporto di Francoforte che ospita la clinica aeroportuale più grande del mondo aperta sia al personale che ai passeggeri, e che è arrivata a servire oltre 30.000 pazienti ogni anno. Altre iniziative commerciali possono riguardare la realizzazione di parchi da visitare all'interno dell'area aeroportuale (come nel caso dell'aeroporto internazionale di Monaco di Baviera), o visite guidate all'interno dello stesso aeroporto (Düsseldorf Airport).

Gli aeroporti possono anche essere interessanti per i residenti della zona che lo possono utilizzare come centro commerciale alternativo, soprattutto se l'aeroporto è relativamente non congestionato e facilmente accessibile con buoni collegamenti stradali e ferroviari: i residenti possono essere incoraggiati a fare acquisti in aeroporto, ad esempio, garantendo loro parcheggio gratuito. L'attrattività degli aeroporti può crescere ulteriormente se vigono restrizioni legali sugli orari per i centri commerciali tradizionali (è il caso dell'aeroporto di Francoforte).

Molti aeroporti si sono anche ampliati oltre i loro confini, utilizzando i terreni limitrofi per la costruzione di alberghi, parchi commerciali e centri logistici, dando luogo a quella che viene chiamata città-aeroporto o aerotropoli.

Nel 1994, l'aeroporto di Amsterdam si definì come una città-aeroporto concetto che successivamente influenzò anche l'aerostazione di Brisbane. Ci sono numerosi altri

esempi di aerotropoli: Dallas Fort Worth, Washington Dulles , Baltimora e Denver negli Stati Uniti, Albuquerque in Messico, Campinas in Brasile e Hong Kong , Kuala Lumpur e Seul Incheon in Asia (Abeyratne , 2007).

Anche la diversa nazionalità dei passeggeri influenza gli acquisti. Ad esempio, gli scandinavi, che hanno una tassazione relativamente alta, sono favoriti per l'acquisto di prodotti tax-free. Le indagini a Heathrow sui viaggiatori norvegesi, al di fuori della comunità europea, mettono in luce proprio quest'aspetto. Analogo discorso vale per i giapponesi. Gli americani, pur essendo molto appassionati allo shopping in generale, non effettuano molti acquisti e la loro spesa media è molto più bassa.

Elementi quali la nazionalità, l'età, la professione e il gruppo socio-economico possono essere utilizzati per classificare commercialmente i passeggeri.

Per ulteriori approfondimenti sui comportamenti commerciali dei passeggeri all'interno di un terminal aeroportuale il lettore può consultare i lavori di (Bamberger et al. 2009, Kalakou et al. 2014, Geuens et al. 2004, Chung et al. 2013, Lin e Chen 2012, Freathy e O'Connell 2012, Lu 2014, Livingstone et al. 2012 Crawford e Melewar 2003, Perng et al. 2010

### **2.3 Modellazione e simulazione dei flussi pedonali**

Lo studio della movimentazione pedonale all'interno di edifici o grandi strutture (ambiente artificiale) ha recentemente suscitato un grande interesse nel campo della ricerca geografica, degli studi urbani e nella modellazione dei sistemi di trasporto (Penn e Turner, 2002; Fuerstenberg et al., 2002; Daamen e Hoogendoorn, 2003; Hoogendoorn e Bovy, 2004; Teknomo e Gerilla, 2005).

Sempre più nei progetti architettonici si tenta di prendere in considerazione l'esperienza del pedone sia in condizioni di esercizio del sistema, sia in condizioni di emergenza dove il flusso pedonale tende a cambiare repentinamente provocando onde di arresto e turbolenze, che possono causare gravi incidenti.

A tal proposito è fondamentale da un lato riconsiderare il processo di progettazione urbana e degli edifici introducendo elementi che tengano conto della modellazione del flusso pedonale e dall'altro mettere in campo nuove tecniche di verifica del sistema per valutare l'effetto sui pedoni di particolari scenari di emergenza e di esercizio.

Per analizzare accuratamente i movimenti pedonali in un ambiente virtuale è necessario dunque comprendere meglio come tale ambiente viene utilizzato dalle persone e le leggi di interazione locale che stanno alla base della dinamica pedonale. Negli ultimi anni, ci sono stati diversi tentativi di modellare il flusso pedonale.

Ad esempio, Smith et al. (1995) hanno modellato i comportamenti di migliaia di pendolari in una città in cui sono stati osservati e preveduti blocchi di traffico virtuali. In funzione delle demografia e di altri dati disponibili agli analisti, la città modello è stata popolata con dei pendolari. Il modello ha mostrato come i comportamenti dei pendolari potrebbero produrre congestione e altri effetti. Lo scopo di tale studio di trasporto è stato quello di predire le condizioni del traffico e di fornire indicazioni per la progettazione del sistema di trasporto.

Negli studi sul flusso di passeggeri, i metodi derivanti dai sistemi di trasporto su veicoli hanno generato numerose applicazioni e hanno fornito interessanti spunti.

Blue e Adler (2001) hanno applicato la microsimulazione basata sugli automi cellulari (CA) per modellare il flusso uni e bi-direzionale su apposite corsie e hanno dimostrato che questi modelli producono schemi di flusso accettabili. Hoogendoom e Bovy (2004) hanno sviluppato un modello di flussi pedonali basato su un modello gas-cinetico ampiamente applicato per modellare i flussi di veicoli.

Gipps (1985), AIGahdi e Mahmassani (1991), Lovas et al. (1994), Helbing e Molnar (1995) e Li (2000) sono tra gli altri che hanno lavorato per lo sviluppo di modelli di flusso pedonale. Tuttavia, è stato ampiamente dimostrato che i veicoli e i pedoni si comportano in modo diverso in termini di controllo della velocità, di scelta dei percorsi e per evitare gli ostacoli mostrando così prestazioni differenti.

L'interesse verso lo studio del comportamento dei pedoni investe numerosi campi che vanno dall'industria della distribuzione al dettaglio fino ai servizi di emergenza passando per l'urbanistica.

I modelli per simulare il deflusso pedonale possono essere classificati in funzione della granularità: abbiamo quindi modelli in micro-scala che analizzano nel dettaglio il rapporto tra pedone ed ostacolo, modelli in meso-scala, legati alla pianificazione di viaggi con una molteplicità di tappe intermedie, e modelli in macro-scala che studiano il movimento di intere masse di persone da un luogo ad un altro.

Il traffico pedonale sta diventando un argomento molto importante e indispensabile per la ricerca scientifica. Esistono studi sull'interazione tra pedoni e automobili (Retting et al., 2003; Shankar et al., 2003), nel campo dell'architettura, sull'uso sociale dello spazio (Penn e Turner, 2002) e sulle tematiche legate all'evacuazione (Ratner e Brogan, 2005).

Ingegneri dei trasporti, architetti e scienziati sociali sentono urgentemente bisogno di uno strumento risolutore per comprendere e analizzare il movimento umano in differenti ambienti. La simulazione pedonale è un approccio potente per comprendere e analizzare il movimento umano.

### 2.3.1 I concetti di sistema, modellazione e simulazione

La modellazione è il processo di produzione di un modello; un modello è la rappresentazione semplificata e astratta del funzionamento di un sistema di interesse (Anu 1997).

La semplificazione riguarda la capacità di ignorare informazioni irrilevanti incorporando vincoli e assunzioni, mentre l'astrazione o la granularità riguarda la capacità di ignorare i dettagli ragionando a diversi livelli di risoluzione (Joskowicz 1989). Il livello di granularità è necessariamente limitato dagli obiettivi dell'analista. Un livello di dettaglio eccessivo aumenta la complessità, il numero di variabili e il carico computazionale. D'altra parte però un livello di dettaglio limitato, può mascherare gli effetti di alcune variabili sul fenomeno che si intende studiare (Birta & Albez 2013).

Quando invece parliamo di sistema, ci riferiamo a un oggetto, o una collezione di oggetti, le cui proprietà vogliono essere studiate (Velten 2009).

L'obiettivo di un modello è dunque quello di consentire all'analista di prevedere l'effetto delle modifiche sul sistema. Se da un lato il modello dovrebbe essere in stretta approssimazione al sistema che vuole rappresentare, tentando di incorporare il maggior numero di variabili, dall'altro, esso non dovrebbe risultare tanto complesso da impedirne di fatto l'utilizzo (Anu 1997). La modellazione infatti deve mirare alla semplificazione piuttosto che ad una produzione inutile di copie complesse di una realtà complessa (Velten 2009).

L'attività di modellazione consiste nella creazione di un oggetto (il modello) da utilizzare come un veicolo per fare sperimentazioni.

Il modello può essere considerato un surrogato del sistema che rappresenta e la sua ragion d'essere (almeno da un punto di vista funzionale) è quella di replicare il sistema per poterlo studiare. Quando il sistema non esiste (è un'idea, un concetto) il modello rappresenta l'unico strumento per fare esperimenti, ma persino quando il sistema esiste fisicamente ci sono una molteplicità di motivi per sperimentare sul modello piuttosto che sul sistema. Inoltre è, quasi sempre, molto più agevole estrarre

dati da un modello piuttosto che dall'ambiente reale e questo è un altro motivo per preferire la sperimentazione sul modello anziché sul sistema (Birta & Albez 2013). I modelli si possono differenziare secondo diverse logiche. Possiamo avere modelli fisici e modelli matematici, modelli deterministici (le variabili di input e di output assumono un valore univoco) o stocastici (le variabili di input o quelle di output sono delle variabili aleatorie), modelli statici (il tempo non è tenuto in considerazione) o dinamici (il tempo viene tenuto in considerazione). Inoltre i essi possono classificarsi anche in base al livello di astrazione differenziandosi in macroscopici e microscopici. I modelli si differenziano anche in modelli fisici e modelli matematici (Anu 1997).

Il modello fisico è un modello scalato del sistema effettivo, che ha tutte le proprietà del sistema, o almeno è quanto di più vicino al sistema reale possibile (Singh 2009). In merito ai modelli matematici, essi rappresentano il sistema in termini di relazioni logiche e quantitative che possono essere quindi manipolate e cambiate per constatare come il sistema reagisce o come potrebbe reagire se la modellazione matematica risultasse giusta.

Una volta costruito il modello matematico, deve essere esaminato per valutare come esso può essere usato per rispondere agli interrogativi dell'analista. Se il modello è abbastanza semplice, risulta possibile lavorare con relazioni e quantità in modo esatto ottenendo delle soluzioni analitiche in forma chiusa. Se la soluzione analitica di un modello matematico è disponibile ed è computazionalmente efficiente è bene procedere per via analitica, tuttavia molti sistemi sono estremamente complessi e quindi una loro rappresentazione modellistica risulta altresì complessa, tanto da precludere una soluzione analitica. In questi casi, il modello va studiato via simulazione (Law & Kelton 1991).

La simulazione di un sistema rappresenta il funzionamento del sistema. Essa è uno strumento per valutare le prestazioni del sistema in diverse configurazioni di interesse (Anu 1997).

Molti scienziati danno diverse interpretazioni di simulazione. Secondo Rathindra, (2010) la simulazione è un modello che utilizza rappresentazioni logiche

matematiche del sistema reale per convertire le descrizioni del sistema o i parametri di input, in valori di output che descrivono alcune funzionalità del sistema stesso. Taha (2007) considera la simulazione come l'imitazione comportamentale del sistema reale nel tempo che cerca di replicare il comportamento del mondo reale studiando le interazioni tra i suoi componenti. Shannon (1998), invece, interpreta la simulazione come processo di progettazione di un modello di un sistema reale sul quale è possibile condurre esperimenti con lo scopo di comprendere il comportamento del sistema e/o valutare diverse strategie per il funzionamento del sistema. Pegden et al. (1979), infine, ritengono che i modelli di simulazione siano versioni di sistemi in cui gli esperimenti possono essere condotti come un primo passo nella progettazione, analisi e valutazione delle prestazioni dei sistemi reali. Inferenze possono quindi essere disegnate sul sistema reale senza la necessità di costruire fisicamente, disturbarlo o distruggerlo.

Di seguito verranno riportati i principali modelli utilizzati per la descrizione del flusso pedonale differenziandoli in modelli macroscopici e microscopici. Dopodiché verranno analizzate le diverse tecniche di simulazione classificate sulla base del livello di astrazione.

### **2.3.2 I livelli del comportamento pedonale**

La letteratura sulla modellazione comportamentale definisce generalmente tre livelli di comportamento pedonale (Daamen, 2004; Hoogendoorn, 2001; Hoogendoorn & Bovy, 2004). Una panoramica di questi livelli è riportata nella figura 2.3. Una combinazione dei tre livelli di comportamento interagenti in un singolo modello fornirebbe un modello che copre l'intero ambito del comportamento pedonale. Tuttavia, lo scopo di molti modelli in letteratura è su casi specifici come gli scenari di evacuazione o la ricreazione di fenomeni di folla, che spesso si concentrano solo sull'aspetto operativo del comportamento. Di conseguenza, il focus di questi modelli è a livello tattico e operativo. In questi casi, il livello strategico è considerato come un input per il modello, piuttosto che come una parte del modello stesso

(Abdelghany, Abdelghany, & Mahmassani, 2016; Daamen, 2004; Hoogendoorn & Bovy, 2004).

#### 2.3.2.1 Livello strategico

Il primo e il più alto livello è quello strategico. A questo livello, viene scelta e ordinata una serie di attività. Questo insieme di attività contiene eventi discrezionali e vincolanti. Un evento discrezionale potrebbe essere l'utilizzo di un esercizio commerciale, mentre un esempio di un evento vincolante potrebbe essere l'espletamento delle operazioni per la registrazione. Una parte del set di attività viene pianificata a priori, vale a dire prima che il pedone sia entrato nel terminal, mentre altre possono essere aggiunte "in corso d'opera" (ad esempio prendere un caffè quando c'è tempo per farlo). Sebbene esistano modelli disponibili che includono il livello strategico, non molto lavoro è stato fatto in questo senso nel campo pedonale. Inoltre, nei modelli comportamentali, il livello strategico è spesso considerato esogeno rispetto al modello stesso (Rozema 2017).

#### 2.3.2.2 Livello tattico

Questo livello riguarda la decisione a breve termine degli utenti. In base al set di attività del livello strategico, le attività sono pianificate e viene definita la sede dell'attività stessa (Hoogendoorn, 2001).

L'input dal livello strategico, cioè l'insieme delle attività scelte, deve essere programmato a livello tattico. Questo elenco (ordinato) di attività, contenente eventi discrezionali e obbligatori, sarà organizzato, in genere, in base alla quantità di tempo disponibile ed attività discrezionali potranno essere rimosse dal set in caso di mancanza di tempo per eseguirle (Daamen, 2004).

Inoltre, altre attività possono essere aggiunte o modificate, se gli elementi dell'insieme delle attività non soddisfano le condizioni di tempo a disposizione del passeggero.

Anche la scelta del percorso è un'attività di livello tattico e diversi metodi possono essere usati per generare insiemi di scelte di percorso (Ali et al., 2013). In base al set di scelta generato, viene scelto un percorso, spesso utilizzando appositi modelli di scelta. (Daamen, 2004).

### 2.3.2.3 Livello operativo

Il livello operativo fa riferimento al comportamento pedonale. I comportamenti coinvolti in questo livello includono movimenti verso l'obiettivo definito a livello tattico, evitamento delle collisioni con altri pedoni o oggetti statici come muri.

### 2.3.3 **La modellazione**

I modelli pedonali consistono in tre categorie principali: modelli macroscopici, modelli mesoscopici e modelli microscopici (Daamen, 2004), sebbene questa classificazione si applichi principalmente ai modelli a livello operativo e tattico.

I modelli macroscopici modellano il flusso pedonale nel suo complesso e possono essere usati in situazioni in cui non è importante studiare le interazioni umane. L'approccio a questi modelli è conosciuto anche come flow-based approach. Le folle sono spesso modellate in base al flusso rispettando rispettivamente leggi della fluidodinamica o leggi fisiche (Kountouriotis, Thomopoulos, & Papelis, 2014; Schadschneider et al., 2009).

I modelli microscopici modellano le folle come individui distinti che si comportano e interagiscono secondo le proprie regole comportamentali (Zhan et al., 2008). Il comportamento della folla nel suo complesso è quindi il risultato di tutti gli individui nel modello. In questo caso l'approccio può essere entity-based o agent-based.

I modelli mesoscopici combinano proprietà microscopiche e macroscopiche e si basano su una distribuzione statistica degli stati dei pedoni nel modello (Cristiani, Piccoli, e Tosin, 2014). Essi consistono normalmente nella semplificazione delle dinamiche con una minore richiesta di dati.

#### 2.3.4 Modelli macroscopici (Flow-based approach)

L'attività più frequente delle persone negli ambienti artificiali è quella di camminare. Il flusso pedonale è il risultato del movimento di molti individui e può essere paragonato allo spostamento delle molecole dei fluidi che si spostano da una sezione ad un'altra.

Questa è la filosofia dell'approccio macroscopico, ovvero la focalizzazione sul comportamento della folla nel suo complesso.

Di conseguenza, le caratteristiche dei singoli pedoni (le particelle del modello) sono ritenute irrilevanti per il flusso di movimento e di esse se ne tiene conto solo in maniera aggregata: la folla è un mezzo continuo caratterizzato da valori medi quali la densità e la velocità media

I modelli macroscopici quindi, modellano il flusso pedonale nel suo complesso e possono essere usati in situazioni in cui l'interazione umana non è strettamente studiata (Kormanová 2014).

Alcuni modelli macroscopici, detti modelli idrodinamici (Hoogendoorn & Bovy 2002) utilizzano l'analogia con fluidi o gas per descrivere le variazioni di densità e di velocità.

Questi modelli si basano sull'ipotesi che i flussi pedonali e le loro caratteristiche macroscopiche siano guidate da regole fisiche simili a quelle valide per la dinamica di fluidi compressi o dei gas. Alcuni di questi modelli, simili a quelli fisici, sono chiamati modelli gas-cinetici (utilizzano un approccio simile a quello di Boltzmann per la modellazione del traffico) e descrivono la dinamica pedonale utilizzando la funzione di distribuzione della velocità. Altri modelli macroscopici utilizzano equazioni tipo quelle di Navier-Stokes o equazioni di conservazione della massa pedonale.

In molti di questi modelli, il noto modello di Lighthill-Whitham-Richards del traffico veicolare viene esteso per descrivere il comportamento del flusso pedonale e alcune strategie di scelta del percorso ottimo vengono prese in considerazione.

Il primo a presentare un modello idrodinamico è stato Helbing proponendo il suo modello fluidodinamico per il movimento collettivo dei pedoni nel 1992. Esso si basa su un modello gas-cinetico. Questo modello tuttavia assume come ipotesi la conservazione del momento e dell'energia, cosa che si è dimostrata piuttosto irrealistica (Kormanová 2014).

Hughes (2002), ha definito la folla come un "fluido pensante" e ha introdotto un modello che accoppia una legge di conservazione scalare che si basa sulla conservazione di massa con un'equazione eikonale che descrive la direzione del movimento. Questo modello si fonda su tre ipotesi:

1. La velocità con cui camminano i pedoni è determinata esclusivamente dalla densità dei pedoni circostanti, dalle caratteristiche comportamentali dei pedoni e dal terreno su cui camminano;
2. I pedoni si muovono verso una destinazione definita da una funzione chiamata potenziale;
3. I pedoni cercano di ridurre al minimo il tempo di viaggio cercando però di passare per aree poco dense.

I modelli di Bellomo e Dogb'e (2008) prendono il nome di modelli Gas-cinetici. In essi l'intera descrizione del sistema è condotta tramite le equazioni della conservazione della massa e dell'equilibrio lineare del momento definiti da un sistema di equazioni alle derivate parziali.

Nel suo modello Lovas (1994) ha introdotto la legge fondamentale del movimento pedonale. Il flusso medio è espresso come prodotto della velocità media per la densità media del flusso.

$$F = SD$$

- $F$  è il flusso medio, ovvero il numero medio di persone ( $P$ ) per secondo ( $P/s$ )
- $S$  è la velocità media ( $m/s$ )
- $D$  è la densità media ( $P/m^2$ )

Dal momento che anche la velocità è una funzione della densità, risulta che  $F = F(D)$  e quindi il flusso medio viene spesso considerato dipendente unicamente dalla densità.

Un modello pedonale ideale dovrebbe essere in grado di descrivere oggetti in grado di tracciare un percorso verso una destinazione, ad esempio un'uscita o la fine di un corridoio, evitando ostacoli, inclusi altri pedoni (Moussaïd et al., 2009).

Il pedone potrebbe anche prendere decisioni in base a alcune regole predefinite. Ad esempio, variando la velocità in funzione della distanza dagli ostacoli o degli altri pedoni.

Osservazioni di velocità pedonale, densità e flusso sono state condotte negli studi di (Fruin, 1970). Mori e Tsukaguchi (1987) hanno aggiunto la relazione tra velocità e densità come mostrato nella figura sottostante

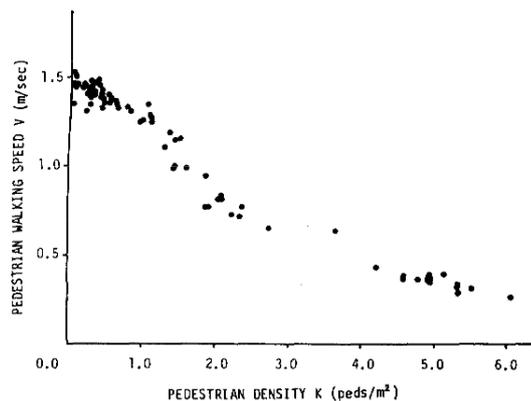


Fig. 4 Relazione tra velocità e densità.

$$V = -0.204 K + 1.48 \text{ (Mori e Tsukaguchi, 1987)}$$

Secondo Gipps e Marksjo (1985) un pedone, durante il suo cammino, si muove da un nodo all'altro. Quando è a breve distanza da un nodo verso cui cammina, prende una decisione sul nodo seguente. La scelta è limitata dal fatto che il nodo successivo non deve essere nascosto, dalla sua posizione attuale, da un ostacolo fisso ovvero una linea retta tra il presente nodo e l'altro non interseca alcun ostacolo.

Oltre a fattori fisicamente valutabili, ci sono altri fattori che possono attrarre o respingere i pedoni verso zone della rete e influenzare le loro decisioni. Tali fattori devono ovviamente essere a conoscenza dei pedoni e deve essere nota la posizione del punto/area attrattore/repulsore (Czogalla e Herrmann, 2011).

Esempi di attrazioni sono le possibilità di interazione sociale con gruppi di persone, artisti di strada, mercati di strada etc. Esempi di fattori repulsivi possono essere i luoghi poco sicuri.

Anche se il comportamento dei pedoni in ambiente urbano è stocastico e imprevedibile, specialmente in caso di affollamenti, ci sono buoni motivi per credere che esso sia governato da semplici regole.

Ciolek (1978) ha dichiarato che i percorsi pedonali soddisfano normalmente i seguenti criteri:

- il percorso è il più breve che collega il punto di partenza con il punto di destinazione;
- il percorso dovrebbe evitare oggetti fisici o gruppi stazionari di persone;
- il percorso non dovrebbe comportare cambiamenti di direzione repentini;
- il percorso adottato è il più veloce e più conveniente da usare;
- il percorso non deve comprendere aree in cui è difficile camminare;
- il percorso selezionato non deve comportare cambiamenti rapidi nell'elevazione della superficie a piedi, in particolare per le persone anziane e quelle con i bagagli o le carrozzine a spinta;
- è probabile che il percorso comprenda punti di interesse;
- se il percorso si snoda lungo un muro o una ringhiera il pedone non si avvicina ad essa più di 30-45 cm.

In letteratura tecnica è possibile trovare altri modelli macroscopici. A tal proposito si vedano ad esempio i lavori di Jiang et al. (2010), Maury et al. (2010), Colombo e Rosini (2005), Colombo et al. (2012)), Piccoli e Tosin (2009).

#### 2.3.4.1 Limiti dei modelli macroscopici

La teoria della rappresentazione aggregata delle particelle è un buon modo per valutare i risultati macro dei flussi pedonali; per esempio, il numero totale di pedoni che occupano un corridoio o uno spazio di un edificio.

Tuttavia, se sono necessarie informazioni più dettagliate, come le modalità con cui i pedoni reagiscono all'interno di un affollamento o come si modificano le interazioni tra gli stessi in funzione di un certo ambiente esterno, allora la nozione di flusso pedonale potrebbe essere meno utile.

La capacità di prevedere la risposta di un pedone a valle del comportamento di un suo vicino in un corridoio o in uno spazio aperto è importantissima per stimare gli effetti di possibili cambiamenti nello spazio di movimentazione pedonale (Greenwald, 2001, Landis, 2001; Saelens et al, 2003).

In questi casi è auspicabile essere in grado di modellare il comportamento dei pedoni in modo più dettagliato di quello fornito dai modelli macroscopici.

#### 2.3.5 **Modelli microscopici**

I modelli microscopici modellano i pedoni in grande dettaglio, distinguendo gli individui e le loro interazioni (Kormanová 2014).

Gli approcci macroscopici alla modellazione pedonale prevedono di descrivere il movimento delle folle come se fossero una massa omogenea continua che scorre lungo delle corsie. Questo approccio presuppone quindi che le persone siano degli elementi non pensanti con identiche caratteristiche. Sebbene quest'approccio possa risultare conveniente in alcune situazioni è illogico considerarlo valido in altri contesti dove la componente comportamentale è prevalente. Queste considerazioni hanno portato alla formulazione di modelli di flusso microscopici. (Shiwakoti e Nakatsuji, 2005).

Normalmente, quando i pedoni camminano liberi in un ambiente aperto senza congestioni, l'approccio su macro-scala risulta essere più informativo; quando i passeggeri si aggregano in folle dense, l'approccio in micro-scala è più performante

(Xu e Duh, 2010). L'approccio microscopico tratta ogni individuo come un'entità indipendente con proprie caratteristiche, ma richiede un maggior sforzo computazionale. Questo ha fatto sì che tali modelli si sviluppessero di pari passo all'aumento delle prestazioni dei calcolatori.

Un modello pedonale in micro-scala quindi, generalmente, è un modello di simulazione computerizzata del movimento pedonale in cui ogni entità del modello viene trattato individualmente (Teknomo et al., 2016). Un approccio in micro-simulazione è un modo conveniente per gestire la natura stocastica di tali flussi pedonali (Kholshchevnikov et al., 2008).

I modelli di micro-simulazione forniscono una rappresentazione più realistica dei movimenti pedonali anche se risultano essere più sensibili ad errori imprevedibili che possono avere un effetto significativo sul modello (Shiwakoti e Nakatsuji, 2005).

In merito alle caratteristiche fisiche dei pedoni, stando agli studi di Fruin (1970) l'ingombro in pianta medio dei pedoni copre un rettangolo di 33 cm di profondità e 58 cm di larghezza. Il corpo umano di un maschio medio occupa una superficie di circa  $0.14 \text{ m}^2$ . Questi ingombri potrebbero essere utili per determinare la "zona buffer" tra i pedoni necessari per un comodo utilizzo di un corridoio pedonale.

Fruin ha anche dimostrato come in realtà gli ingombri desiderabili di ogni persona, per evitare il contatto fisico vanno da  $0.47$  a  $0.92 \text{ m}^2$ . Lo spazio laterale richiesto, per un movimento confortevole va da  $71$  e  $76 \text{ cm}$ , mentre la distanza longitudinale varia da  $2.5$  a  $3.0 \text{ m}$ . Questo si traduce in un'area personale minima compresa tra  $1.9$  e  $2.9 \text{ m}^2$ , che arriva fino a  $3.3 \text{ m}^2$  per raggiungere la propria velocità ideale evitando conflitti con gli altri pedoni.

Tale velocità varia tra i  $46$  e i  $107$  metri al minuto e la media è di  $82$  metri al minuto. Nel suo studio Fruin distingue anche due tipi di coda: la coda lineare/ ordinata, in cui i pedoni si allineano e vengono serviti nell'ordine di arrivo, e la coda indisciplinata o di massa, dove c'è un affollamento più caotico. Fruin ha anche rilevato che la spaziatura tra le persone in code lineari è generalmente da  $48$  a  $50 \text{ cm}$ .

Per quanto riguarda la velocità Henderson (1971) suggerì che la velocità di spostamento desiderata all'interno di una folla di persone si distribuisce come una gaussiana di media 1.34m/s e deviazione standard di 0.26 m/s.

Più recenti ricerche dimostrano che la velocità pedonale può essere influenzata da molti fattori: fattori ambientali come la densità di folla, la larghezza del camminamento e la composizione del flusso, nonché fattori personali come l'età, il sesso, le abilità fisiche e gli scopi del viaggio (Harney, 2002; Moussaïd et al., 2010; Rastogi, Thaniarasu, & Chandra, 2011). Oltre a queste determinanti, alcune ricerche hanno osservato che la dimensione del gruppo contribuisce significativamente alla velocità pedonale (Cheng 2014).

Lo studio microscopico del flusso pedonale può sostanzialmente ricondursi a due approcci, ad ognuno dei quali corrispondono dei modelli proposti in letteratura:

1. Approccio entity-based
  - Modello di forze magnetiche (Okazaki, 1979);
  - Modello di forze sociali (Helbing et al., 1995);
2. Approccio agent-based
  - Modello cellulare costi-benefici (Gipps and Marksjo, 1985)
  - Modello ad automi cellulari (Blue e Adler, 2001, Dijkstra et al., 2001);
  - Modello ad agenti

#### 2.3.5.1 Modelli entity-based

Diversi modelli per la dinamica pedonale si basano su un approccio analitico, che rappresenta i pedoni come particelle soggette a forze che determinano l'interazione tra pedone e ambiente e tra pedone e pedone. Le forze di attrazione guidano i pedoni / particelle verso le loro destinazioni (modellando così i loro obiettivi), mentre le forze di repulsione vengono utilizzate per rappresentare la tendenza a rimanere a distanza da altri punti dell'ambiente. All'interno di questo gruppo di modelli

ricadono i modelli a forze magnetiche e i modelli a forze sociali. (Manenti, Manzoni, Vizzari, Ohtsuka e Shimura, 2011).

#### Modello di forza magnetica

Okazaki ha sviluppato questo modello con Matsushita e Yamamoto.

Il modello di forza magnetica del flusso pedonale, a differenza del modello di forza sociale, rappresenta i pedoni come particelle polarizzate in un campo magnetico (Okazaki and Matsushita 1979). Sia i pedoni che gli ostacoli sono rappresentati come poli positivi e quindi si respingono, mentre i punti di destinazione rappresentano i poli negativi e quindi tendono ad attrarre i pedoni che si muovono cercando di evitare collisioni.

Si noti che in questo modello, anche se le forze sono esercitate da tutti gli elementi, sono solo i pedoni che le subiscono e che quindi sono in grado di muoversi. Le pareti, d'altro canto, non si respingono e non sono attratte dall'obiettivo. La forza magnetica che agisce sui pedoni dovuta ad un polo magnetico (Adamey, Kurt Özgüner 2013), è calcolata usando la legge di Coulomb come segue:

$$\vec{F} = \frac{kq_1q_2}{|\vec{r}|^3} \vec{r}$$

- F è il vettore della forza magnetica
- k è la costante magnetica
- $q_1$  è l'intensità del carico magnetica del pedone
- $q_2$  è l'intensità del polo magnetico (obiettivo)
- r è la distanza tra il pedone e il polo

Generalmente, l'intensità pel polo obiettivo è molto più grande di quella degli altri elementi in un ambiente; Questo è dovuto al fatto che la priorità dei pedoni è quella di raggiungere l'obiettivo.

L'equazione del modello di forze magnetiche indica che l'intensità della forza di attrazione esercitata dall'obiettivo sul pedone è inversamente proporzionale alla distanza tra essi. Questa caratteristica, soprattutto quando si tenta di simulare scenari

di emergenza, rende il modello vantaggioso in quanto i pedoni scelgono di viaggiare verso l'uscita o l'obiettivo più vicini. In altre parole, anche se i pedoni continueranno a sperimentare forze di attrazione verso tutte le uscite, a causa della sovrapposizione delle forze, la direzione totale del movimento sarà in ultima analisi controllata dalla forza esercitata dall'uscita più vicina, vale a dire la forza con la più alta intensità. (Okazaki 1979).

Tuttavia, uno svantaggio di questo modello deriva dalla semplicità dell'equazione in quanto non considera le direzioni dei pedoni che non vogliono muoversi o di quelli che si allontanano dall'obiettivo. Inoltre possono verificarsi delle incongruenze qualora un percorso pedonale fosse bloccato da un certo numero di pedoni. In quel caso la sovrapposizione delle forze di repulsione esercitata dalla massa di pedoni potrebbe respingere il singolo al punto di partenza. Quel pedone non potendo scegliere di fermarsi o di navigare in un nuovo percorso intorno al gruppo più grande, tenderà a muoversi continuamente avanti ed indietro.

Un altro problema di questo modello è che il valore dell'intensità magnetica è assegnato in maniera arbitraria e questo ne rende difficile la validazione (Teknomo 2016).

#### Modello di forza sociale

I modelli di forza sociale sono probabilmente il metodo più conosciuto all'interno del gruppo dei modelli continui. Lewin e Cartwright (1951) hanno suggerito che i cambiamenti del comportamento umano possono essere guidati da forze sociali o da campi sociali. Sulla base di questo concetto, Helbing e Molnár (1995) hanno sviluppato il loro modello prevedendo che il movimento dei pedoni sia manipolato da forze sociali.

A differenza degli altri modelli, tuttavia, queste forze non vengono esercitate dall'esterno sui pedoni, ma vengono prodotti da alcuni individui a causa di determinate preferenze.

Un esempio di tali forze potrebbe essere quella di un pedone che decide di allontanarsi dalla strada quando si avvicina ad un ostacolo o ad un altro pedone, seppure questo significhi allontanarsi dalla destinazione.

Secondo Helbing et al. (1995), "uno stimolo sensoriale provoca una reazione comportamentale che dipende dagli scopi personali e viene scelto da una serie di alternative comportamentali con l'obiettivo di massimizzare l'utilità".

Helbing (1993) ha spiegato e proposto concetti matematici specifici per raggiungere il risultato finale; una simulazione completa di un ambiente affollato di pedoni che si muovono verso un'uscita evitando collisioni con pareti e con gli altri pedoni.

Helbing e Molnár (1995) hanno proposto l'equazione di base del modello di forza sociale per descrivere il movimento pedonale.

$$\vec{F}_\alpha = \vec{F}_\alpha^0 + \sum_\beta \vec{F}_{\alpha\beta} + \sum_B \vec{F}_{\alpha B} + \sum_i \vec{F}_{\alpha i}$$

I ricercatori assumono che il movimento dei pedoni  $F_\alpha$  può essere influenzato di 4 fattori principali:

1.  $\vec{F}_\alpha^0$  il desiderio del pedone  $\alpha$  di raggiungere una certa destinazione o un certo obiettivo
2.  $\sum_\beta \vec{F}_{\alpha\beta}$  la sommatoria degli effetti repulsivi degli altri pedoni  $\beta$
3.  $\sum_B \vec{F}_{\alpha B}$  la sommatoria degli effetti repulsivi generata dagli ostacoli
4.  $\sum_i \vec{F}_{\alpha i}$  l'effetto attrattivo degli altri pedoni o di alcuni oggetti

Oltre ai quattro principali effetti di cui sopra, il modello di forza sociale può essere applicato per dimostrare complessi comportamenti pedonali aggiungendo un termine di fluttuazione. Quest'ultimo consente ai modellisti di considerare le variazioni casuali del comportamento pedonale e di estendere la formula base. Pertanto, una forma più generale del modello di forza sociale può essere così definita:

$$\frac{d\vec{w}_\alpha}{dt} = \vec{F}_\alpha + \text{fluttuazioni}$$

Il modello forza sociale è molto simile in linea di principio al modello di forza magnetica sviluppato da Okazaki et al. che si basa sul concetto della forza di

Coulomb. Tuttavia, il modello forza sociale utilizza le variabili che hanno un significato fisico in contrasto con il modello magnetico dove alle variabili sono assegnati valori.

Usando il modello di forza sociale, molti fenomeni collettivi osservati nelle folle pedonali sono stati riprodotti con successo. Questi comprendono il meccanismo di formazione delle corsie e il comportamento di fuoriuscita oscillatoria che si osserva in corrispondenza di strette uscite (Helbing & Molnár, 1995), nonché i meccanismi in situazioni di panico (Helbing, Farkas & Vicsek, 2000).

Helbing, et al. (2005) concludono che la semplicità e il piccolo numero di parametri sono i principali vantaggi della simulazione social-force-based. Inoltre suggeriscono che questi parametri nel modello non debbano essere calibrati per ogni nuova situazione, il che rende i modelli a forze sociali applicabili anche a differenti contesti di simulazione.

Tuttavia, alcuni ricercatori hanno suggerito che non è facile modellare l'eterogeneità e comportamenti complessi usando il modello a forze sociali dal momento che gli obiettivi, le caratteristiche e le interazioni dei pedoni devono essere rappresentati attraverso equazioni (Manenti, Manzoni, Vizzari, Ohtsuka e Shimura, 2011).

Inoltre il fatto che ogni pedone sia influenzato da tutti gli altri agenti, può limitare la capacità computazionale del modello in caso di molte entità circolanti (Henein & White, 2005).

Nonostante questi inconvenienti, il modello di forza sociale è ancora molto popolare ed è diventato il fondamento di molti altri modelli pedonali successivi.

Derivato dal modello di forze sociali il modello HiDAC (high-Density Autonomous Crowds) è stato utilizzato per affrontare il problema della simulazione di folle ad alta densità in un ambiente soggetto a forti cambiamenti dinamici (Pelechano et al 2007). Parisi, Gilman e Moldovan (2009) hanno proposto una modifica al modello di forze sociali che supera le limitazioni del modello di Helbing nel descrivere i dati sperimentali del traffico pedonale in condizioni normali.

Moussaid et al (2010) ha esteso il modello di Helbing alla simulazione del comportamento di gruppi di pedoni aggiungendo altri termini di interazione sociale all'interno delle formule del modello di Helbing.

#### 2.3.5.2 Modelli agent-based

Nei modelli agent-based i pedoni vengono modellati come agenti intelligenti e indipendenti che risultano univocamente determinati da un set di caratteristiche.

I pedoni qui sono in grado di reagire a determinati eventi e di adattarsi a complessi ambienti dinamici. I set di regole di decisione per ciascun agente determinano il loro comportamento, tuttavia i modelli globali possono emergere anche con semplici regole locali. La modellazione agent-based e la modellazione entity-based sono simili in quanto i pedoni in entrambi i casi interagiscono individualmente e istantaneamente, a differenza dei modelli flow-based nei quali l'individuo singolo non viene preso in considerazione. Tuttavia, essi sono diversi in quanto nel primo, gli agenti vengono trattati in modo univoco, ciascuno con le proprie caratteristiche, mentre negli entity-based, le particelle vengono trattate allo stesso modo con meno variazioni non-fisiche o intangibili. Per di più, gli approcci di modellazione basati sugli agenti permettono di considerare altri fattori comportamentali; gli agenti hanno i propri attributi e stati che rappresentano diversi fattori comportamentali come la velocità di movimento, le emozioni, i legami sociali, ecc. Gli agenti dispongono anche di alcuni livelli di capacità conoscitiva e di ragionamento che permettono loro di percepire il proprio ambiente, valutare la situazione attuale e prendere decisioni (Zhou et al 2010). Negli ultimi decenni, le tecniche di calcolo e di simulazione si sono affinate per poter testare i modelli molto più velocemente di prima. Per questo motivo esiste una tendenza di molti ricercatori ad integrare i concetti di modelli diversi in un modello generale basato su agenti. Alcuni esempi di modelli agent-based includono gli automi cellulari (Crooks et al. 2015 e Burstedde et al. 2001) e altri modelli che corrispondono a versioni modificate dei modelli di forze sociali e magnetiche.

### Modello cellulare costi-benefici

Il modello cellulare a costi-benefici simula il pedone come particella in una cella. Il percorso è diviso in una griglia e le celle possono essere occupate da un pedone. Poi viene assegnato un punteggio a ciascuna cella in base alla vicinanza dei pedoni. Questo punteggio rappresenta l'effetto repulsivo dei pedoni vicini e deve essere bilanciato con il guadagno che il pedone ottiene spostandosi verso la direzione della sua destinazione. Quando il campo di due pedoni si sovrappone, il punteggio in ciascuna cella è la somma del punteggio generato da ciascun individuo pedonale.

Il vantaggio principale di questo modello è la sua semplicità, ma risulta essere difficile da calibrare e di conseguenza è poco adatto a scopi pratici (Etikyala, 2014).

### Modello ad automi cellulari

I modelli ad automi cellulari sono implementazioni nello spazio discreto di modelli di flusso pedonale e necessitano di una definizione di un insieme di regole che definiscono il movimento lungo una struttura a rete.

Il modello ad automi cellulari (CA) utilizza regole intuitive che lo rendono facilmente comprensibile senza complesse equazioni matematiche e richiedono quindi meno calcoli rispetto ai modelli a forze sociali.

Nei modelli CA, lo spazio è rappresentato da una griglia uniforme di celle. Ad ogni step temporale, i valori delle variabili in ogni cella vengono aggiornati in base a un insieme di regole locali e ai valori delle variabili nelle cellule vicine (Zheng, Zhong & Liu, 2009)

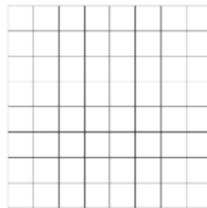
Gli automi cellulari possono essere applicati in molti campi, come la simulazione dell'andamento delle dune di sabbia o di neve (Teichmann 2010) e ovviamente per simulare il flusso pedonale.

Esistono diverse strutture di griglia, regolari e irregolari, che definiscono zone spaziali e non tutte possono avere la stessa dimensione e forma. Strutture regolari sono quelle in cui tutte le cellule sono formate da un solo tipo di poligono regolare e questo tipo di struttura è considerato ottimale come spiegato da Nitzsche (2013).

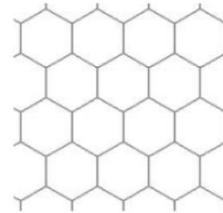
La figura sottostante illustra tre possibili tipi di poligoni regolari che possono occupare l'intero spazio bidimensionale senza lasciare altro spazio non occupato da altre celle.



*Griglia triangolare*



*Griglia rettangolare*



*Griglia esagonale*

*Fig. 5 Differenti tipologie di griglie*

I modelli ad automi cellulari di Hassan (2013), Zhang, Zhu e Liu (2015), Song Yanfei e Wein Cheng (2005), Packard e Wolfram (1985) utilizzano una delle tre strutture regolari mostrate.

La scelta della forma della cella dipende dal problema che si vuole simulare. In generale ogni struttura di griglia regolare ha le proprie peculiarità e vantaggi e può risultare la più adatta in alcuni scenari piuttosto che in altri.

Affinché i pedoni possano muoversi, è necessario conoscere informazioni sulla cella occupata dal pedone e sulle celle vicine. L'insieme della cella e delle sue "vicine" è chiamato quartiere (neighborhood). Nell'utilizzo dei modelli ad automi cellulari esistono due definizioni di quartiere: quella di Von-Neumann e quella di Moore. Nitzsche (2013) ha dato le seguenti definizioni dei due tipi di quartieri:

- nel quartiere di Von-Neumann vengono prese in considerazione solo le celle vicine che condividono un lato con la cella di base.
- nel quartiere Moore tutte le celle che condividono almeno un angolo con la cella di base sono considerate vicini.

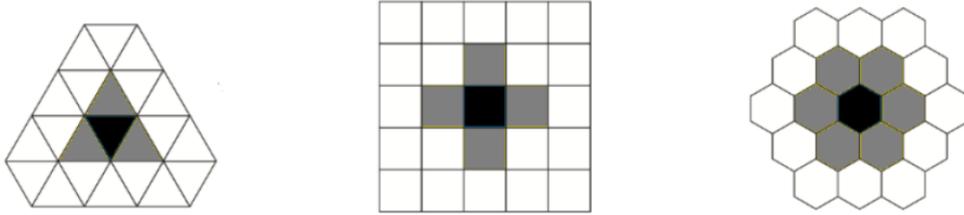


Fig. 6 *Quartiere di Von-Neumann*

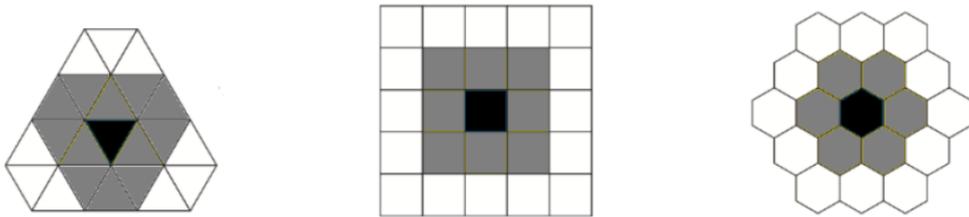


Fig. 7 *Quartiere di Moore*

Per una serie di motivazioni, tra i ricercatori, e più frequente l'utilizzo del concetto di quartiere di Moore.

L'idea degli automi cellulari fu originariamente introdotta da Von Neumann e Burks (1966) con lo scopo di modellare l'autoproduzione in campo biologico. Il modello è stato poi sviluppato ed applicato ad una grande varietà di scopi dato che, i sistemi fisici che contengono molti elementi discreti e sono caratterizzati da molte interazioni locali, ben si prestano ad una rappresentazioni ad automi (Wolfram, 1983). La modellazione ad automi cellulari è stata estesa per modellare i movimenti pedonali da Blue, Embrechts e Adler (1997) che hanno analizzato comportamenti microscopici multidirezionali in uno spazio aperto e affollato. Blue, et al. (1997) introdussero una regola di "bump" per evitare che il pedone restasse bloccato in una posizione ad alta densità. Ad ogni step temporale, ogni entità della matrice muove un passo verso la propria destinazione. Se il movimento in avanti è bloccato dall'altra entità, il pedone si posiziona nella cella successiva rispetto al suo movimento. Se la cella successiva è ancora occupata, il pedone urta (bump) l'occupante per farlo

smuovere, e così via, fino a quando non viene trovata una cella vuota o una entità viene spinta fuori dalla matrice.

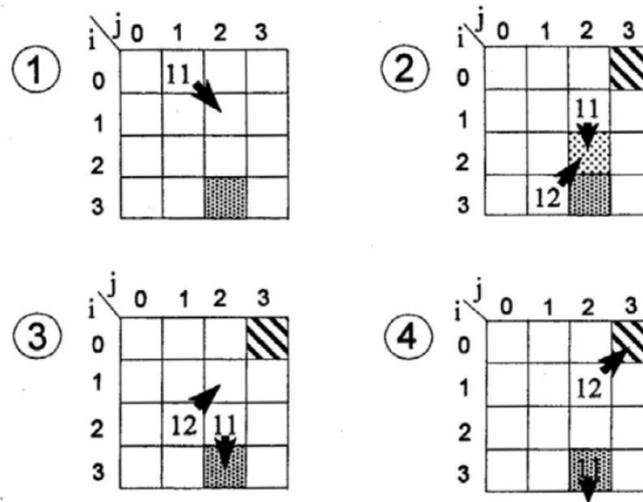


Fig. 8 *Illustrazione del movimento del pedone in 4 step consecutivi*  
(Blue, et al. 1997)

La figura illustra la regola di bumping tra entità. Al momento del passaggio 2, le entità 11 e 12 desiderano entrambe passare per cella (2, 2). Secondo la regola di bumping, allo step 3, l'entità 11 sposta l'entità 12 nella cella adiacente della sua cella desiderata. Dopo di ciò le entità si spostano verso le loro destinazioni.

Sebbene il modello di Blue sia basato su semplici regole locali, è istruttivo notare che gli automi cellulari possono essere usati per modellare il movimento pedonale e, interazioni pedonali più realistiche si possono ottenere ottimizzando un certo set di regole.

Köster, Seitz, Tremel, Hartmann e Klein (2011) hanno applicato gli automi cellulari per studiare l'influenza delle formazioni di gruppo in una folla. Nel loro lavoro, hanno diviso lo spazio in celle esagonali (Figura 2-2), creando così due direzioni naturali supplementari rispetto alle celle quadrate. Le regole locali applicate in questo modello si basano sull'intuito dei progettisti, pertanto, gli autori hanno evidenziato la necessità di una maggiore cooperazione tra scienziati e modellisti sociali.

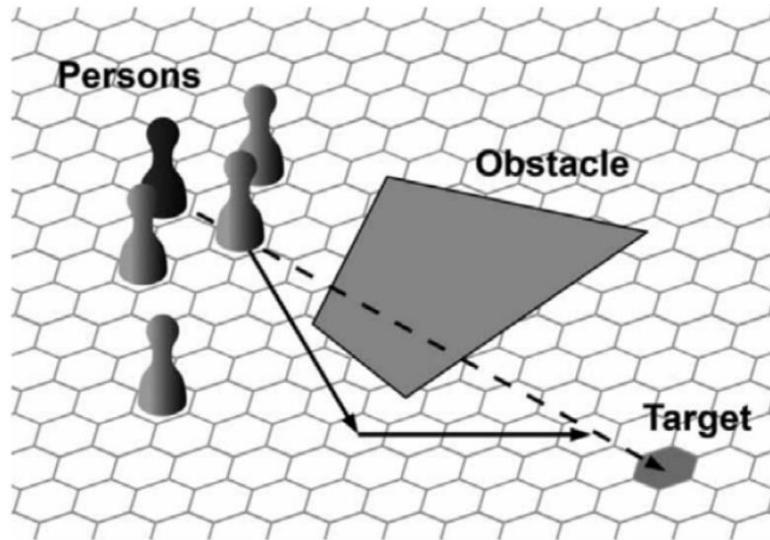


Fig. 9 Movimento dei pedoni in celle esagonali  
(Köster, et al., 2011)

I modelli ad automi cellulari rappresentano le interazioni tra i pedoni sulla base di regole intuitive comprensibili, piuttosto che di funzioni matematiche complesse. Inoltre forniscono un trattamento più semplice di geometrie complesse rispetto ai modelli con interazioni a lungo raggio (Schadschneider, 2001). Pertanto, tali modelli, possono essere facilmente implementabili sui computer e la velocità calcolo è estremamente elevata rispetto ad altri modelli pedonali microscopici. Tuttavia, i modelli CA hanno lo svantaggio di dividere lo spazio in celle grossolane, che possono portare a errori maggiori rispetto ai modelli di forza sociale in cui lo spazio non è discretizzato (Köster et al., 2011). Nessun contatto è inoltre permesso tra gli agenti e gli individui possono muoversi solo quando la cella adiacente è libera (Pelechano, et al., 2007).

#### Modello ad agenti

La modellazione ad agenti offre un modo per modellare i sistemi sociali composti da agenti che interagiscono e si influenzano vicendevolmente, apprendono dalle loro

esperienze e regolano i loro comportamenti in modo che siano più adatti al loro ambiente.

La modellazione basata sugli agenti (ABM) è un approccio relativamente nuovo nello studio dei sistemi e utilizzano un approccio di tipo "bottom-up" simulando l'interazione tra singoli agenti (Macal & North, 2005; Zheng et al. 2009). In questi modelli gli agenti seguono alcune regole di comportamento pre-determinate, che consentono loro di eseguire adeguatamente diversi comportamenti nel sistema modellato. Questa caratteristica unica rende gli ABM particolarmente adatti allo studio del comportamento pedonale in ambienti complessi. Ogni pedone può essere modellato come agente autonomo con le proprie conoscenze e obiettivi.

Questa rappresentazione è più vicina ai metodi tradizionali di simulazione (ad esempio simulazione di eventi discreti) in quanto richiede un minor grado di astrazione.

Stando a Padgham e Winikoff (2005), un agente è un'entità:

- localizzata - esiste in un ambiente
- autonoma - indipendente, non controllata esternamente
- reattiva - risponde (in modo tempestivo) alle modifiche del suo ambiente
- proattiva - persegue obiettivi
- flessibile - ha diversi modi per raggiungere obiettivi
- robusta - recupera da eventuali malfunzionamenti
- sociale - interagisce con altri agenti

Bonabeau nel 2002 ha presentato un'introduzione completa ai principi fondamentali della simulazione ad agenti. Egli ha sottolineato che la simulazione ad agenti è una mentalità più che una tecnologia. Pertanto anche i sistemi di equazioni differenziali tradizionali, fintanto che descrivono le dinamiche di uno dei componenti del sistema, possono essere visti come modelli ad agenti.

Bonabeau ha riassunto i tre principali benefici degli ABM rispetto ad altre tecniche di modellazione:

1. catturano i fenomeni emergenti;

2. forniscono una descrizione naturale di un sistema;
3. sono flessibili.

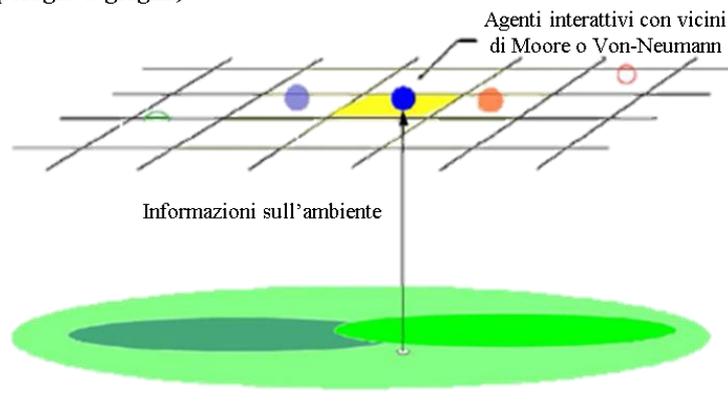
Al fine di sostenere questa conclusione, Bonabeau ha fornito una serie di esempi applicativi degli AMB per la simulazione dei flussi (traffico, pedoni), nel ambito del marketing, delle organizzazioni etc. A valle di questi esempi, Bonabeau concluse che la modellazione AB può portare benefici significativi quando simula i sistemi umani.

In letteratura sono molteplici gli esempi di tutorial sulla modellazione ad agenti (Macal & North, 2005, 2006, 2010, 2011). In queste applicazioni gli autori descrivono l'impianto teoretico degli ABM, gli strumenti di sviluppo, le procedure generali per la costruzione del modello e mettono in luce le differenze con gli altri metodi di simulazione. Un tipico modello ad agenti è composto da tre elementi:

- gli agenti
- il rapporto tra gli agenti e il metodo di interazione tra loro;
- il rapporto tra gli agenti e l'ambiente.

Questi elementi devono essere definiti e programmati per creare un modello basato su agenti. La figura mostra la struttura di un tipico modello basato su agenti.

**Agenti interattivi in uno spazio  
per agenti (topologia a griglia)**



**Ambiente**

*Fig. 10 Elementi generali di un modello agent-based  
(Macal e North, 2011)*

Schelhorn et al. (1999) hanno sviluppato un modello basato su agenti (STREETS), utilizzando lo strumento di simulazione Swarm e strumenti GIS. In STREETS i pedoni vengono inizializzati con caratteristiche socio-economiche e caratteristiche comportamentali. Le caratteristiche socio-economiche (genere, reddito etc.) vengono utilizzate per creare il piano di viaggio dei pedoni, mentre le caratteristiche comportamentali (velocità, campo visivo, etc.) contribuiscono a definire il comportamento dettagliato degli agenti.

I pedoni vengono poi inseriti nell'ambiente di simulazione secondo una distribuzione di Poisson.

Allo stato attuale nessun esperimento è stato eseguito su questo modello per testarne le prestazioni. Gli stessi autori hanno sottolineato che la navigazione dei pedoni a volte è risultata inaffidabile e i comportamenti di gruppi di persone non sono mai stati implementati.

Per migliorare la sicurezza delle persone nei luoghi pubblici, Pan, Han, Dauber e Law (2007) hanno presentato un framework basato su più agenti per simulare il comportamento umano in situazioni di emergenza. Attraverso la modellazione delle interazioni pedonali a livello microscopico, la simulazione è stata in grado di catturare comportamenti emergenti umani come il comportamento competitivo, il comportamento in coda e il comportamento di massa durante l'evacuazione. Sebbene l'estensione del modello all'analisi statistica e ad altri parametri di progettazione è ancora in fase di sviluppo, il modello ha mostrato un potenziale utilizzo in fase di progettazione di strutture pedonali per migliorare la sicurezza delle folle.

Deadman e Gimblett (1994) hanno introdotto la ricerca sulle interazioni tra persone e ambiente utilizzando modelli basati su agenti, in cui hanno simulato persone che decidono di intraprendere un percorso durante viaggi ricreativi in aree forestali.

Batty (2001) notando una carenza di studi relativi alla modellazione del flusso pedonale ha introdotto un metodo agent-based per modellare i movimenti pedonali in un contesto urbano.

Teknomo e Gerilla (2005) hanno presentato un modello di movimentazione pedonale utilizzando un sistema multi-agente per l'analisi del traffico pedonale. Il modello è

stato capace di catturare l'interazione microscopica dinamica tra pedoni, che non poteva essere affrontata con un approccio macroscopico tradizionale.

Tuttavia, un problema cruciale per questi modelli pedonali multi-agente, rimane la validazione del modello con i dati reali.

I metodi tradizionali per l'osservazione e la registrazione del movimento dei pedoni in un contesto urbano si basano fondamentalmente su conteggi fisici e fotografie (Helbing et al., 2001). Le tecniche gravitazionali o di interazione spaziale vengono raramente eseguite al livello di dettaglio richiesto per la previsione del numero di pedoni, anche se sono in grado di distribuire i risultati complessivi di flusso attraverso le reti di trasporto per prevedere l'intensità di utilizzo di percorsi diversi e quindi sono raramente applicati con successo per modellare il movimento pedonale alla scala di edifici e strade (Kurose et al., 2001).

Fissando delle regole comportamentali e di interazione locale, i modelli ABM possono fornire una comprensione senza precedenti delle proprietà che emergono dall'interazione di una moltitudine di agenti in circostanze complesse dove spesso l'intuizione dell'analista fallisce (Farmer & Foley, 2009). Tuttavia, i modelli agent-based richiedono uno sforzo computazionale superiore rispetto ai modelli ad automi cellulari e a forze sociali e pertanto la modellazione di grandi sistemi risulta essere ancora una sfida per questi modelli (Bonabeau, 2002; Zheng et al., 2009).

### **2.3.6 Validazione dei modelli pedonali**

Nella modellazione e nella simulazione computerizzata, la validazione rappresenta il processo di determinazione del grado di affidabilità associabile al modello.

Spesso c'è un trade-off tra il grado di accuratezza del modello e il costo relativo alla raccolta dati per validare il modello. (Batton-Aschman Associates e Cambridge Sistemica, 1997). La validazione comporta la verifica delle capacità predittive del modello.

A causa dei molti fattori che sono coinvolti nella simulazione, la validazione di un modello pedonale è molto complicata (Teknomo e Gerilla, 2005) e richiede grandi quantità di dati dettagliati.

A causa della complessità dei sistemi naturali e del non determinismo delle attività umane, è difficile confrontare i dati di osservazione del mondo reale con i risultati in modelli pedonali. Di conseguenza, la validazione di un modello pedonale resta un problema significativo per gli analisti (Xing, Lees, Nan, & Viswanathan, 2011). Anche se non esistono approcci universali per la validazione, i filmati video, le fotografie e le osservazioni dirette sono i metodi di valutazione più comuni per studiare il comportamento pedonale. La verifica del volto e la verifica empirica (confronto tra le immagini prodotte dal modello con quelle raccolte durante un esperimento) sono due criteri comunemente utilizzati per la valutazione dei modelli basati sugli agenti (Gatersleben & Van der Weij, 1999; Klügl, 2008; Klügl & Rindsfuser, 2007; Zhou et al., 2010).

La validazione empirica è condotta confrontando quantitativamente le figure chiave prodotte dal modello e quelle raccolte dall'esperimento o dal sistema di riferimento (Klügl, 2008). Zhou, et al., 2010 considerano la validazione empirica l'approccio più efficace per stabilire la validità del modello.

### **2.3.7 Modelli di simulazione**

Un modello è la rappresentazione semplificata e astratta del funzionamento di un sistema di interesse.

La modellazione è il processo di produzione di un modello, che è la rappresentazione semplificata e astratta del funzionamento di un sistema di interesse. La modellazione viene applicata quando la prototipazione o la sperimentazione con il sistema reale è costosa o impossibile e consente di ottimizzare i sistemi prima dell'implementazione. Il primo passo per la realizzazione di un modello è quello di mapparli al mondo reale. Tale processo prende il nome di astrazione.

Definito il livello di astrazione, i modelli possono essere classificati in fisici o matematici.

Il modello fisico è un modello scalato del sistema effettivo, che ha tutte le proprietà del sistema, o almeno è quanto di più vicino al sistema reale possibile.

In merito ai modelli matematici, essi rappresentano il sistema in termini di relazioni logiche e quantitative che possono essere quindi manipolate e cambiate per constatare come il sistema reagisce o come potrebbe reagire se la modellazione matematica risultasse giusta.

Una volta costruito il modello matematico, esso deve essere esaminato per valutare la capacità di rispondere agli interrogativi dell'analista. Se il modello è abbastanza semplice, risulta possibile lavorare con relazioni e quantità in modo esatto ottenendo delle soluzioni analitiche in forma chiusa. Se la soluzione analitica di un modello matematico è disponibile ed è computazionalmente efficiente è bene procedere per via analitica, tuttavia molti sistemi sono estremamente complessi e quindi una loro rappresentazione modellistica risulta altresì complessa, tanto da precludere una soluzione analitica. In questi casi, il modello va studiato via simulazione

La simulazione rappresenta il funzionamento del sistema. Essa è uno strumento per valutare le prestazioni del sistema in diverse configurazioni di interesse.

Secondo Sterman (2000), dopo aver costruito una serie di modelli mentali di come funziona un sistema complesso, la simulazione rappresenta il principale e forse unico modo per scoprire il comportamento di tale sistema.

Alcuni autori come North e Macal (2007) non distinguono tra modellazione e simulazione, ma utilizzano i termini insieme. La simulazione è effettivamente l'utilizzo del modello per eseguire vari esperimenti per saperne di più sul comportamento di tale sistema in risposta a vari input e scenari

Invece secondo Borshchev e Filippov (2004) un modello di simulazione può essere considerato come un insieme di regole (ad esempio, equazioni, diagrammi di flusso, etc.) che definiscono come il sistema che viene modellato cambierà in futuro, dato il suo stato attuale. La simulazione è il processo di "esecuzione" del modello, che lo guida attraverso cambiamenti di stato (discreto o continuo) nel tempo. In generale, per i problemi complessi in cui la dinamica temporale è importante, la simulazione è una risposta migliore.

### 2.3.7.1 Livello di astrazione



*Fig. 11 Livelli di astrazione*

*(Borshchev, 2013)*

Nella figura soprastante sono mostrate diverse applicazioni della simulazione ordinate per grado di astrazione. I modelli in basso sono modelli a livello fisico dove gli oggetti del mondo reale sono rappresentati con il massimo grado di dettaglio. A questo livello è importante riprodurre l'interazione fisica, le dimensioni, le velocità le distanze etc. I sistemi di antibloccaggio delle automobili, l'evacuazione di uno stadio, il controllo del traffico e la semaforizzazione, le interazione dei soldati in una battaglia potrebbero essere esempi di problemi che richiedono una modellazione con un basso livello di astrazione.

I modelli nella parte alta del grafico sono ad alto livello di astrazione. Gli oggetti, in questo caso, non sono rappresentati singolarmente ma vengono trattati come aggregati. Ad esempio, invece di modellare ogni singolo consumatore, viene modellato il numero di consumatori probabilmente diviso in diverse categorie. In

maniera corrispondente le interazione tra gli oggetti del modello vengono trattate ad un più alto livello.

Infine ci sono altri modelli nei quali il livello di astrazione è intermedio.

Scegliere il giusto livello di astrazione è fondamentale ai fini del successo del progetto di modellazione e il processo stesso di costruzione del modello può condurre l'analista verso una comprensione migliore del sistema che ha intenzione di modellare (Maidstone, 2012).

#### 2.3.7.2 Paradigmi modellistici

Attualmente i paradigmi di simulazione possono ricondursi a tre grandi famiglie di modelli:

- System Dynamics modeling;
- Discrete Event Simulation;
- Agent Based Simulation.

Oguna di queste tipologie di modelli di simulazione si presta più o meno bene per la soluzione di modelli con un certo grado di astrazione.

Ad esempio la System Dynamics Modeling opera ad un alto livello di astrazione ed è usulamente utilizzata per una modellazione strategica.

La Discrete Event Simulation con il suo sottostante approccio processo-centrico supporta un livello di astrazione medio e medio-basso.

La Agent Based Simulation può spaziare da una modellazione molto dettagliata dove gli agenti rappresentano entità fisiche, fino ad un più alto livello di astrazione dove gli agenti rappresentano compagnie, governi, concetti, etc.

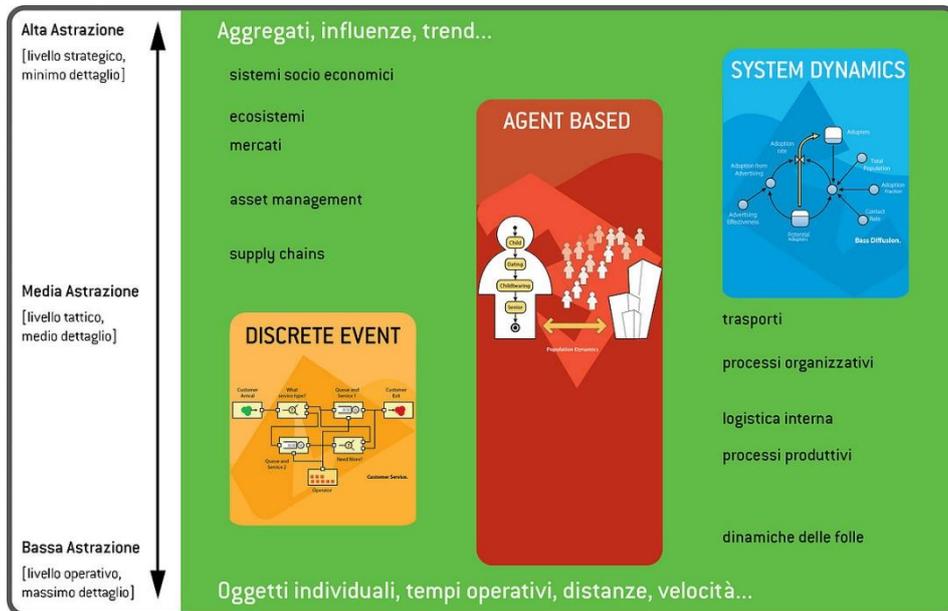


Fig. 12 Livelli di astrazione  
(Borshchev, 2013)

### System Dynamics modeling (SD)

System dynamics è un metodo creato nella metà degli anni 50' dal professore Jay Forrester del MIT. L'idea di Forrester era quella di utilizzare le leggi della fisica, in particolare quelle dei circuiti elettrici, per descrivere e investigare le dinamiche dei sistemi economici e sociali. I principi e il linguaggio di modellazione sono stati definiti tra gli anni 50 e 60' ed sono rimasti invariati fino ad oggi.

Il ventaglio delle applicazioni SD comprende anche sistemi urbani, sociali ed ecologici. Nella la System Dynamics modeling i processi del mondo reale sono rappresentati in termini di stock (ad esempio di materiale, conoscenza, persone, denaro), flussi tra questi stock e informazioni che determinano i valori dei flussi. Gli elementi presenti negli stocks sono indistinguibili tra di loro e non hanno individualità.

Per affrontare il problema nello stile SD bisogna descrivere il comportamento del sistema come un numero di cicli di feedback interagenti, bilanciati o rinforzati, e strutture di ritardo.

Ricapitolando la System dynamics modeling è un metodo per studiare i sistemi dinamici. In base ad essa l'analista dovrebbe:

- Guardare il sistema da un punto di vista endogeno e modellare il sistema come una struttura strettamente casuale ed essa stessa definisce il comportamento del sistema;
- Scoprire i cicli di casualità nel sistema;
- Identificare i blocchi di stoccaggio (stocks) e i flussi che li alterano. Gli stocks rappresentano la memoria del sistema, sono accumulazioni e descrivono lo stato di un sistema in un dato momento. I flussi, ovvero le relazioni individuali tra le variabili vengono mostrate utilizzando le frecce. Il segno alla fine della freccia indica se questa relazione tende ad aumentare o diminuire la variabile interessata.
- Considerare gli eventi individuali e le decisioni come la superficie di un fenomeno che sottostà alla struttura del sistema.

Matematicamente un system dynamics è un sistema di equazioni differenziali del primo ordine non lineari:

$$\frac{d(X)}{dt} = F(X, P)$$

dove X è un vettore di stocks, P è un insieme di parametri ed F è un vettore di funzioni non lineari. La soluzione di un simile problema è svolta attraverso metodi numerici discretizzando il tempo in valori finiti di  $dt$ .

A differenza della modellazione ad agenti e ad eventi discreti la modellazione system dynamics è di tipo deterministico, a meno che elementi stocastici non siano esplicitamente inseriti all'interno di esso.

La modellazione system dynamics suggerisce un livello di astrazione molto elevato ed essa è utilizzata come una metodologia di modellazione strategica. Nei modelli di

simulazione delle dinamiche sociali, epidemie, o scelte dei consumatori, le singole entità (persone, prodotti, etc.) non compaiono mai individualmente ma in forma aggregata (stocks) e al più sono segmentati per macro categorie. Sebbene il linguaggio della modellazione system dynamics è abbastanza semplice, pensare a questo livello di astrazione non è immediato ed è considerato una vera e propria arte. I modelli system dynamics sono inevitabilmente pieni di nozioni che non hanno un corrispettivo misurabile nel mondo reale, come il morale, la consapevolezza, la conoscenza, impatto di una pubblicità, etc. Inoltre la scelta di come e se introdurre queste nozioni non è immediata o univoca.

La simulazione system dynamics è supportata da pochi software (Vensim, Anylogic, iThink, Powersim). Il linguaggio di questa modellazione è ben definito e minimalista. La conversione dei modelli da un software all'altro è possibile e le softwarehouse stanno discutendo sulla possibilità di utilizzare un unico standard XLM supportato da ogni software. Per ulteriori approfondimenti si veda Sterman (2000).

#### Discrete Event Simulation (DES)

La modellazione a eventi discreti si è sviluppata negli stessi anni della modellazione system dynamics. Nell'ottobre 1961 l'ingegnere dell'IBM Geoffrey Gordon introdusse la prima versione di GPSS (general purpose simulation system) che è considerata la prima implementazione software di modellazione a eventi discreti.

Il vero boom nell'uso di questo tipo di simulazione coincide con la rivoluzione informatica negli anni '80, con l'arrivo di potenti microcomputer e dei PC. Ciò ha consentito lo sviluppo di pacchetti software con cui gli utenti hanno potuto costruire modelli utili in maniera molto più efficiente (Robinson, 2005).

L'idea del metodo della modellazione a eventi discreti è questa: l'analista considera il sistema modellato da un insieme di processi ad esempio una sequenza di operazioni che devono essere espletate da alcune entità. Queste operazioni possono includere: la permanenza in un'area, il servizio di alcune risorse, la scelta di un'attività etc. Il modello è specificato graficamente come una diagramma di flusso (flowchart) dove

ogni blocco rappresenta un'operazione. Il flowchart comincia usualmente con un blocco sorgente (source) che genera entità e le inserisce all'interno del processo, e termina con un blocco di terminazione (sink) che rimuove le entità dal modello. La modellazione a elementi discreti può essere considerata come la definizione di un algoritmo globale di elaborazione di entità, tipicamente con elementi stocastici.

Il livello di astrazione suggerito dalla modellazione a eventi discreti è significativamente più basso di quello dei modelli system dynamics. Mentre in quest'ultimi gli oggetti individuali vengono aggregati, nella modellazione a eventi discreti ogni oggetto nel sistema è rappresentato come un'entità o una risorsa e viene trattata individualmente. Entità e risorse possono avere diversi attributi che influenzano il modo con il quale essi vengono trattati dal sistema. Le entità possono essere organizzate in classi e possono avere attributi, che sono elementi di informazioni appartenenti a tale entità. Inoltre la DES differisce da SD in merito al trattamento del tempo che è continuo in SD e discreto in DES.

Un'altra importante differenza che distingue i sistemi a eventi discreti dai sistemi ad agenti è che sia le entità che le risorse sono passive: essi non hanno un comportamento ma rispondono solo ai dettami del processo (per questo motivo questo tipo di modellazione è anche detto processo-centrica). La matematica dietro ai sistemi a eventi discreti è basata su una discretizzazione del tempo. Il clock del modello avanza solo quando avviene qualcosa di significativo- ad esempio quando un'entità comincia o finisce un'operazione. Ogni cambiamento nel modello è associato con questi eventi; i cambiamenti continui sono approssimati da un cambiamento istantaneo.

A differenza della modellazione system dynamics, la modellazione a eventi discreti è supportata da decine di software. Questi non usano un linguaggio uniforme e l'interoperabilità tra loro non è possibile. Ci sono alcuni linguaggi standardizzati per specifiche sottoclassi di processi (ad esempio per i processi business) ma non è detto che essi vengano del tutto supportati dagli strumenti software di simulazione.

*Agent Based Simulation (ABS)*

La modellazione ad agenti è la più recente delle tre metodologie di simulazione. Fino al 2000 la modellazione ad agenti era perlopiù argomento di discussione accademico. L'adozione di questo tipo di modellazione è cominciata tra il 2002 e il 2003. I motivi dell'impiego della modellazione ad agenti sono i seguenti:

- desiderio di entrare più nel dettaglio negli aspetti di sistemi che non venivano catturati dai tradizionali approcci;
- sviluppo di strumenti informatici volti a supportare questo tipo di simulazione particolarmente "energivora".

Notevoli e quanto mai eterogenei sono gli sviluppi avvenuti sotto lo slogan della modellazione agent-based in discipline molto diverse come l'intelligenza artificiale Jennings et al. (1998), la scienza della complessità (Phelan, 2001), la teoria dei giochi (Axelrod, 1997), ecc. Ad oggi non ci sono definizioni universalmente accettate e la comunità scientifica ancora discute sulle proprietà che un oggetto dovrebbe possedere per essere definito come agente (Schieritz e Milling 2003). Nella tabella viene riportata una lista non esaustiva delle proprietà che devono soddisfare gli agenti, così come sono presenti in letteratura:

Proprietà	Descrizione	Riferimenti
		Hayes-Roth (1995)
		Wooldridge and Jennings (1995)
	Capacità di prendere	Nwana (1996)
Proattività, perseveranza	l'iniziativa al fine di raggiungere gli obiettivi	Jennings et al. (1998)
		Franklin and Graesser (1997)
		Maes (1995)
		Smith et al. (1994)

		Franklin and Graesser (1997)
Collocazione	L'agente è incorporato nel suo ambiente e sente e agisce su di esso	Russel and Norvig (2003) Hayes-Roth (1995) Goldspink (2000) Jennings et al. (1998) Maes (1995)
Reattività, capacità di risposta	Capacità di reagire tempestivamente ai cambiamenti nell'ambiente	Wooldridge and Jennings (1995) Goldspink (2000) Nwana (1996) Jennings et al. (1998)
Autonomia	Capacità di controllare le proprie azioni e lo stato interno	Wooldridge and Jennings (1995) Maes (1995) Nwana (1996) Jennings et al. (1998)
Abilità sociali	Consapevolezza di altri agenti e capacità di interazione e comunicazione con essi	Wooldridge and Jennings (1995) Nwana (1996) Jennings et al. (1998)
Antropomorfismo	Avere attributi di tipo umano, ad es. credenze e intenzioni	Wooldridge and Jennings (1995)
Apprendimento	Capacità di aumentare le prestazioni nel tempo in base all'esperienza precedente	Hayes-Roth (1995) Nwana (1996)
Mobilità	Capacità di muoversi nello spazio fisico simulato	Nwana (1996)

*Tab. 5 Proprietà degli agenti  
(Schieritz & Milling 2003)*

La modellazione ad agenti suggerisce un ulteriore punto di vista per osservare un sistema. Infatti l'analista potrebbe non avere ben chiare le dinamiche generali, le dipendenze tra variabili o semplicemente non scorgere la presenza di un flusso di processo, ma avere solo alcune nozioni sui comportamenti delle singole entità. In questo senso è possibile cominciare la costruzione del modello dal basso (approccio bottom-up) individuando gli agenti e definendo il loro comportamento. L'analista definisce quindi il comportamento a livello individuale e, il comportamento globale, emerge come risultato di molti individui (dieci, centinaia, migliaia e milioni); ciascuno segue le proprie regole di comportamento, vivendo insieme in un certo ambiente e comunicando tra loro e con l'ambiente stesso.

La simulazione agent-based è incentrata sugli individui attivi (agenti) capaci di interagire tra di loro e con l'ambiente piuttosto che sul processo in se. Quindi mentre in un tipico modello di microsimulazione a eventi discreti di un terminal aeroportuale i passeggeri vengono "spinti o tirati" (push and pull) verso o da un blocco di servizio (check-in, controlli di sicurezza, etc), adottando una filosofia agent-based è possibile tener conto del libero arbitrio dei passeggeri che potrebbero fermarsi in un ristorante/caffè o entrare in un negozio.

Con una modellazione ad agenti, i passeggeri, come nella vita reale, possono prendere le proprie decisioni su dove andare e quando. Questo tipo di modellazione fissa le regole di un sistema ai singoli agenti piuttosto che ad un processo globale. Nella simulazione ad eventi discreti le entità sono passive e le azioni sono definite dal processo che le elabora. Pertanto, la modellazione agent-based è particolarmente adatta per modellare situazioni in cui un gran numero di entità attive sono presenti e ognuna fa la propria scelta tra molte alternative. Essa facilita l'inserimento dell'individualità e valuta l'impatto sul sistema delle variazioni nei comportamenti delle diverse entità

Non c'è un linguaggio standard per la modellazione ad agenti. La struttura di un modello ad agenti è creata, tipicamente, in maniera grafica, in funzione del software utilizzato. Il comportamento dell'agente può essere specificato in diversi modi. Spesso alla nozione di agente è associata la nozione di stato e le sue azioni o reazioni

dipendono dal particolare stato in cui esso versa. Alla volte il comportamento è definito da regole che vengono eseguite quando si verifica un evento. In molti casi, le dinamiche interne dell'agente possono essere meglio catturate usando la system dynamics o la modellazione ad eventi discreti. Un agente però potrebbe anche muoversi all'interno di un processo definito a priori. In questi casi parliamo di modellazione multi metodo.

La modellazione ad agenti non assume nessun particolare livello di astrazione. Se gli agenti rappresentano delle entità singole, allora il modello ad agenti risulta sicuramente più dettagliato di un modello dove le entità sono aggregate sulla base delle loro caratteristiche.

Gli agenti possono comunque essere sviluppati con un alto livello di astrazione.

Per una descrizione più dettagliata dell'approccio alla simulazione agent-based si veda il lavoro di North e Macal (2007).

Negli ultimi anni sono stati proposti diversi software che consentono lo sviluppo di applicazioni agent-based. Nella figura sottostante viene riportata una lista dei principali software classificati per la loro capacità di modellazione e per la facilità nello sviluppo del modello.

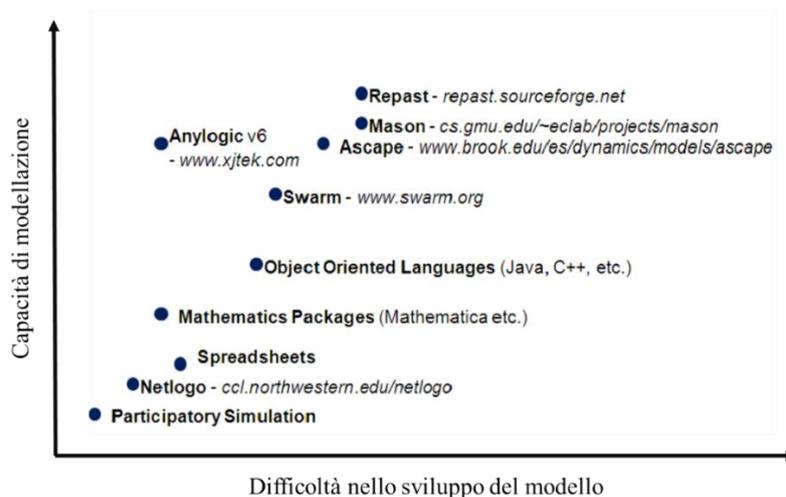


Fig. 13 Software per la modellazione ad agenti  
(Macal and North, 2006)

Software	Dominio primario	Licenza	Linguaggio	Compatibilità GIS	Rappresentazione 3D	Capacità di modellazione
Anylogic	Simulazione combinata general purpose (agent-based, discrete event, system dynamics)	Proprietaria. Disponibile versione di apprendimento gratuita	Java; UML-RT (UML for real time)	Si	Si	Alta
Mason	General purpose; complessità sociale, modellizzazione fisica, modellistica astratta, machine learning, intelligenza artificiale	Open source	Java	Si	Si	Alta
NetLogo	Scienze sociali e naturali; Aiuta gli utenti alle prime armi a cominciare a creare modelli	GPL	NetLogo	Si	Si	Bassa
Repast	Scienze sociali	BSD	Java (RepastS, RepastJ); Python (RepastPy); Visual Basic, .Net, C++, J#, C# (Repast.net)	Si	Si	Alta
Swarm	General purpose agent based	GPL	Java; Objective-C	Non nota	Non nota	Media

Tab. 6 Software agent-based

(Wikipedia 2017)



### 2.3.7.3 Confronto tra i paradigmi modellistici

In questo paragrafo più che illustrare le principali differenze tra i diversi metodi simulativi, già esposte sinteticamente nei paragrafi precedenti, viene riportata una breve lista, non esaustiva, dei principali lavori dove vengono usati, per uno stesso problema, diversi approcci simulativi

La letteratura che confronta questi tre approcci non è particolarmente estesa, inoltre il campo si riduce ulteriormente quando si tenta di confrontare la simulazione agent-based con le altre tecniche simulate (ciò è probabilmente dovuto al fatto che quest'approccio è relativamente recente rispetto agli altri) (Owen 2013).

Per ulteriori approfondimenti si vedano a tal proposito i lavori di Borshchev e Filippov (2004) Maidstone (2012).

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva con le principali differenze tra i tre approcci simulativi.

	<b>System Dynamics</b>	<b>Discrete-Event Simulation</b>	<b>Agent-Based Simulation</b>
<b>Approccio generale</b>	Astratto tramite variabili di stato ed equazioni che vengono risolte per simulare il comportamento nel tempo	La casualità associata ad eventi interconnessi porta al comportamento del sistema	Emulazione fisica di "agenti" le cui regole di comportamento rispecchiano il mondo reale
<b>Relazioni matematiche</b>	Integrazione numerica di equazioni differenziali	Distribuzione statistica per modellare gli incrementi dell'orologio di simulazione	Relazioni logiche, algoritmi e semplici probabilità
<b>Rappresentazione</b>	Sistema rappresentato come scorte e flussi	Il sistema rappresentato come code e attività, orari, processi, buffer	Agenti autonomi, reattivi e proattivi che interagiscono tra loro per raggiungere i propri obiettivi
<b>Chiave del problema</b>	La comprensione del problema sta nell'analisi degli effetti di feedback causale	Casualità associata a processi ed eventi interconnessi	Classi di agenti individuali con le regole per la loro interazione
<b>Facilità di comunicazione</b>	Ottimo per mostrare la struttura del modello e i risultati numerici	Vera rappresentazione del sistema	Eccellente per mostrare il comportamento delle singole entità
<b>Relazioni</b>	Interessato all'identificazione di relazioni non lineari	Le relazioni possono essere non lineari ma per lo più sono lineari	Relazioni non lineari
<b>Relazioni spaziali tra le entità</b>	Le relazioni spaziali non sono rappresentate perché le entità sono aggregate	Le distanze tra entità nel modello non possono essere calcolate	La relazione spaziale può essere un fattore chiave nel modello. Il comportamento dell'agente individuale può essere influenzato dalla relazione spaziale

<b>Accuratezza del modello</b>	Moderato in accuratezza	A causa della sua forte dipendenza dai dati, il modello produce un modello accurato e statisticamente valido	Sono molto più difficili da costruire rispetto ai modelli di simulazione ad eventi discreti, ma possono essere molto più accurati
<b>Parametri</b>	I parametri del modello sono cicli di feedback legati al sistema	I parametri sono impostati dopo un'intensa ricerca sui dati storici	Il paradigma considera attentamente la definizione di agenti e specifica le loro regole comportamentali nel modo più semplice possibile
<b>Prestazioni determinate dalla struttura</b>	Basato sul concetto che le prestazioni del modello nel tempo sono determinate dalla sua struttura	Basato sul concetto che le prestazioni del sistema nel tempo sono determinate dalla casualità e dalla struttura interna del sistema	Basato sul concetto che le prestazioni del sistema nascono dall'emergere di strutture ordinate indipendentemente dalla pianificazione top-down
<b>Ruolo della simulazione computerizzata</b>	Le simulazioni al computer sono utilizzate come laboratori di apprendimento che consentono ai manager di eseguire modelli nell'ambiente reale	I modelli sono meno utilizzati come strumenti di apprendimento per i non tecnici	i modelli sono flessibili; è facile aggiungere più agenti; viene fornito un quadro naturale per mettere a punto la complessità degli agenti
<b>animazione computerizzata</b>	La simulazione al computer è limitata a grafici ed equazioni	Attraverso l'animazione computerizzata è possibile mostrare le entità che si spostano attraverso il sistema. Questo può aiutare di più nella comprensione visiva del flusso del processo	Attraverso l'animazione computerizzata, è possibile visualizzare l'ambiente visivo per comprendere il processo operativo

*Tab. 7 Principali differenze tra i tre approcci simulativi  
(W. Ma, 2013)*

### SD Vs DES

- Brailsford e Hilton (2004) hanno descritto l'applicazione delle due tecniche nel contesto sanitario.
- Morecroft and Robinson (2005) hanno descritto l'applicazione delle due tecniche in un contesto di simulazione del mercato ittico.
- Ozgun and Barlas (2009) hanno modellato un sistema di coda con due stazioni di servizio usando la SD e la DES.

### SD Vs ABS

- Schieritz e Milling (2003) hanno confrontato i due approcci usando l'analogia "foresta e alberi" per descrivere la differenza tra la filosofia dell'ABS, che si concentra sul comportamento individuale (alberi) e la SD che si concentra maggiormente sulla struttura e sui feedback (foresta).
- Van Der Zee and Van Der Vorst (2005) si sono interessati ad una comparazione in ambito supply chain.
- Rahmandad e Sterman (2008) hanno comparato la ABS e la SD nella studio della propagazione delle malattie

### DES Vs ABS

- Siebers and Aickelin (2011) hanno confrontato le due tecniche simulative per modellare il processo di shopping all'interno di un centro commerciale

## **2.4 Modellazione delle attività e dei flussi pedonali all'interno di un terminal aeroportuale**

La simulazione rappresenta uno strumento decisionale efficace che permette di minimizzare rischi e costi permettendo di individuare le giuste decisioni prima di fare quelle sbagliate (Shannon, 1998).

Per alcuni aeroporti di grandi dimensioni, la simulazione rappresenta lo strumento preferenziale per la valutazione delle capacità della struttura (Mumayiz, 1990).

Attualmente gli aeroporti stanno affrontando molti problemi di varia complessità e importanza. Sebbene la maggior parte di questi problemi non siano nuovi, l'abbandono a lungo termine e la mancanza di azione per ricercare soluzioni valide hanno esacerbato la situazione attuale dei sistemi aeroportuali. I problemi principali includono la scarsa capacità e il deterioramento della qualità del servizio, le difficoltà della pianificazione finanziaria e il finanziamento di nuovi importanti sviluppi aeroportuali, considerazioni politiche e ambientali che incidono sullo sviluppo aeroportuale e altre questioni specifiche relative alla pianificazione, alla progettazione e al funzionamento degli aeroporti (de Neufville E Odoni, 2013).

Secondo Smith (2011), la congestione, la carenza di capacità e la sicurezza aeroportuale sono i principali problemi che i pianificatori, i progettisti e i gestori dell'aeroporto devono affrontare.

Le tecniche attualmente utilizzate per la progettazione e la gestione delle strutture aeroportuali non sono sufficienti per fornire soluzioni appropriate. I dati empirici e gli approcci rule-of-thumb (regola del pollice) sono estremamente semplici, basati principalmente su ipotesi grossolane e generalizzate e improbabili per ottenere soluzioni efficaci per problemi complessi in un ambiente dinamico come il terminal dell'aeroporto (Lemer, 1988).

Un modello di simulazione del flusso di passeggeri all'interno di un terminal aeroportuale è uno strumento molto utile in quanto è in grado di fornire una serie di indicazioni indispensabili per descrivere il sistema allo stato attuale (lunghezze delle

code, colli di bottiglia, livello generale del servizio offerto etc.) e a valle di un certo intervento sul sistema stesso.

Ad oggi, la maggior parte degli strumenti simulativi si focalizza sulla descrizione delle attività vincolanti (check-in, controlli di sicurezza, imbarco) non considerando le attività discrezionali (utilizzo di altre strutture dell'aeroporto, ristorazione, shopping). Come sottolineato anche da Graham(2013), allo stato attuale le entrate non aeroportuali derivanti dall'espletamento di attività non vincolanti rappresentano una cospicua aliquota del bilancio economico del terminal e inoltre possono influenzare notevolmente (molte volte in negativo) i parametri di efficienza dell'aeroporto. Risulta pertanto essere sempre più pressante la necessità di tenere conto, all'interno di un modello di simulazione, anche delle attività discrezionali.

Gli aeroporti rappresentano l'esempio perfetto di un sistema in cui sono in gioco molteplici fattori, molti dei quali subiscono cambiamenti costanti come le innovazioni tecnologiche e la necessità di fornire un'esperienza di viaggio tranquilla e sicura nei confronti delle minacce che sempre di più negli ultimi anni stanno investendo il settore del trasporto aereo.

Accanto a questo cambiamento continuo c'è da considerare che a seconda degli stakeholder interessati il punto di vista sul sistema, le priorità e i criteri di efficienza cambiano radicalmente.

Ad esempio, i passeggeri vogliono un'esperienza di viaggio efficace e piacevole, le agenzie di polizia hanno l'obiettivo di assicurare che il terminal e gli aerei non siano oggetto di attacchi terroristici, mentre le compagnie aeree, aeroporti e aziende commerciali vogliono aumentare il volume di passeggeri e generare continuamente ricavi (de Neufville e Odoni, 2013).

La modellazione dei sistemi aeroportuali diventa quindi molto importante per:

- Analizzare le prestazioni o il livello di servizio di un sistema esistente;
- Pianificare l'utilizzo delle risorse in funzione di un dato scheduling dei voli. Infatti analizzando un dato programma di voli è possibile stimare il numero di passeggeri che utilizzeranno l'aeroporto e quindi il grado di utilizzo delle strutture e delle risorse;

- Valutare l'effetto di modifiche del sistema prima che queste siano poste effettivamente in essere.

I modelli di simulazione sono particolarmente importanti in quest'ultimo caso in quanto risulta praticamente impossibile “manipolare” il sistema reale in fase di funzionamento.

#### 2.4.1 **Panoramica dei modelli di simulazione aeroportuale**

La ricerca sul lato landside dell'aeroporto si è affermata alla fine degli anni Sessanta per fare luce sul problema della grave congestione e del ritardo nei terminal aeroportuali derivanti dalla sostanziale crescita del traffico aereo e dall'introduzione di grandi aeromobili (Ma 2013).

Per la facilità d'uso, l'affidabilità e l'efficienza nell'analisi e la sua capacità di descrivere attività dettagliate in modo gestibile, i ricercatori, sin dall'inizio, si sono orientati verso l'utilizzo della simulazione. (McCabe e Carberry, 1975).

La simulazione è il metodo più promettente di analisi, in quanto può affrontare in modo efficiente sia la natura variabile della domanda che quella stocastica del sistema di trasporto aereo (McCabe and Goldstein, 1982).

Le caratteristiche della simulazione possono variare a seconda delle funzionalità richieste, degli approcci specifici per la modellazione di situazioni particolari e dell'obiettivo della simulazione stessa.

Mumayiz (1990) ha presentato un modello di simulazione stocastico, event-oriented, del flusso di passeggeri all'interno di un terminal aeroportuale. Nel modello i passeggeri si muovono lungo percorsi predefiniti dal curbside fino al gate e viceversa. Tale modello consiste in tre moduli interattivi:

- il modulo di immissione e modifica dei dati in ingresso;
- il modulo di simulazione;
- il modulo di generazione dei dati di output.

Gatersleben e der Weij (1999) hanno definito una lista di Key Performance Indicators (KPI) nell'ambito del progetto LOT all'aeroporto di Schiphol, Amsterdam, che comprende l'utilizzo delle risorse, il numero di passeggeri in aree di attesa e nelle

aree di imbarco, le lunghezze delle code, il tempo totale di viaggio, la lunghezza del percorso e la portata di passeggeri al minuto.

L'ambiente di simulazione adottato per riprodurre i processi di arrivo, partenza e trasferimento è stato ARENA. Per la costruzione del loro modello, Gatersleben e der Weij prima hanno esaminato le risorse aeroportuali presenti e le strutture correlate al flusso, e poi basandosi anche sull'opinione di esperti nella gestione del processo di movimentazione passeggeri hanno dedotto che l'incremento di volume del terminal per rispondere ad un aumento della domanda non rappresenta necessariamente un modo efficiente per affrontare la crescita del volume del traffico aereo.

Curcio et al. (2007) hanno utilizzato Anylogic per simulare i flussi di passeggeri e individuare i problemi di sicurezza nell'aeroporto di Lamezia Terme, in Calabria. I flussi di passeggeri, i movimenti degli aeromobili e i flussi bagagli sono stati tutti modellati utilizzando Anylogic e i risultati della simulazione sono stati poi confrontati con dati reali per essere validati. Il tempo di attesa dei passeggeri prima di raggiungere l'area del gate è stato utilizzato come indicatore di prestazione del sistema. In termini di dati di input, il loro modello utilizza le informazioni relative ai voli in partenza e in arrivo (orari, origini, destinazioni, identificativo del volo, compagnia aerea, la frequenza della connessione, etc.).

La simulazione ha coperto 130 giorni consecutivi con un errore medio pari a circa il 4,64% e nella simulazione di differenti scenari al variare dei tempi di arrivo del passeggero in aeroporto, desk check-in disponibili e le linee di controllo attive.

Anche Cheng (2014) ha adottato Anylogic come software per sviluppare il proprio modello ad agenti con l'obiettivo di studiare l'influenza delle dinamiche di gruppo sul comportamento dei passeggeri in partenza. Diversi scenari sono stati testati (in termini di composizione del gruppo) e sono stati misurati alcuni parametri, quali tempi di permanenza, preferenze in relazione all'espletamento di attività non vincolanti e livelli di servizio (LOS) nelle aree di processamento. Il modello è stato quindi applicato ad un caso studio ed è stato analizzato l'impatto delle dinamiche di gruppo in un processo di evacuazione aeroportuale.

Lo stesso software è stato utilizzato da Ma (2013) su differenti aeroporti australiani. Egli ha messo in chiara evidenza l'importanza delle attività discrezionali e la necessità di modellare i passeggeri in modo adeguato in termini di pianificazione delle attività, distinguendo attività vincolanti dalle attività non vincolanti. I risultati hanno, comunque, sottolineato come la modellazione ad agenti rappresenti l'opzione migliore per esplorare le dinamiche spazio-tempo e per catturare fenomeni emergenti e complessi come i comportamenti umani. Interessanti sono stati gli approcci utilizzati per modellare le scelte dei passeggeri in precisi punti nello spazio: reti bayesiane e diagrammi di influenza. Le reti bayesiane sono state definite a partire da caratteristiche base e avanzate dei passeggeri, mentre i diagrammi d'influenza sono stati definiti da tabelle di utilità appositamente elaborate. Due tipi di stress sono stati considerati nel modello: tempo e distanza. Lo stress del tempo è correlato al fatto che nessun passeggero è disposto a perdere il volo, mentre lo stress legato alla distanza è correlato alla necessità dei passeggeri di dover riposare dopo aver camminato, ed espletato delle attività, per un certo intervallo di tempo. Ad ogni punto di decisione, le probabilità sono state calcolate per ciascun individuo attraverso il teorema di Bayes, e in ogni punto l'attività con l'utilità più alta veniva scelta dall'agente. Ogni passeggero è stato generato con attributi base casuali (età, sesso, frequenza di viaggio, classe di viaggio e nazionalità) e le probabilità di possedere determinate caratteristiche avanzate sono state calcolate attraverso le regole bayesiane, mediante apposite tabelle di probabilità condizionali (presenti del suo lavoro). Nel modello le attività vincolate presentavano sempre il maggior livello di priorità a seconda della presenza o meno di stress.

Nel 1999 Brunetta et al hanno proposto il modello SLAM (Simple Landside Airport Model) per la stima della capacità del terminal e dei ritardi subiti dai passeggeri analizzando diverse configurazioni spaziali delle strutture dell'aeroporto.

SLAM, che rientra nella famiglia dei modelli macroscopici, è stato anche incorporato nella piattaforma OPAL (Optimization Platform for Airports including Landside) (OPAL, 2003), che fornisce una serie di funzionalità per l'analisi integrata delle prestazioni aeroportuali. SLAM è costituito da una rete di moduli, uno per ogni

struttura del terminale. Esso fornisce stime non molto accurate del livello di servizio della struttura e dei ritardi incontrati dai voli in partenza / arrivo dovuti a malfunzionamenti di qualche struttura. Il modello non riesce a catturare la complessità del processo di gestione dei passeggeri all'interno del terminal in quanto non consente di rappresentare le interazioni tra i vari elementi del terminal e non può gestire effetti stocastici che possono influenzare la performance complessiva del terminal (Manataki, Zografos. 2009).

Ballis (2002) ha sviluppato un modello di simulazione per testare il progetto più appropriato per due aeroporti greci (Kavala e Alessandropoli), che presentavano alcune particolarità nei loro flussi di passeggeri. Un modello già sviluppato presso il National Technical L'Università di Atene (NTUA) nel 2001 è stato adattato e applicato a questi aeroporti (anche l'applicazione non viene tecnicamente specificata e descritta nell'articolo). Il modello richiede come dati di input i pattern di arrivo dei passeggeri, i tempi di servizio e le norme di assegnazione dei banchi di servizio; fornisce, inoltre, informazioni quantitative riguardanti il funzionamento di alcune aree specifiche del terminal che hanno permesso la misurazione dei livelli di servizio. Ray e Claramunt (2003) hanno sviluppato una piattaforma di modellazione e simulazione in grado di replicare le proprietà statiche e dinamiche di un sistema del mondo reale modellandolo come un grafo. Utilizzando il software ATLAS i ricercatori hanno ottenuto un ambiente di simulazione interattivo capace di supportare l'analisi e la valutazione di diversi schemi di movimentazione dei passeggeri nelle diverse aree del terminal. Tale modello però non è in grado di considerare il comportamento della singola entità circolante e pertanto risulta complicato studiare in dettaglio l'interazione tra i diversi oggetti della simulazione. Roanes-Lozano et al. (2004), hanno sviluppato un modello di simulazione del terminal partenze dell'aeroporto di Malaga. Il modello di simulazione, implementato con Maple 8, simula i singoli passeggeri guidati da una singola variabile: il tempo residuo prima del prossimo step. I dati di input, consistono nell'elenco delle compagnie aeree, i tempi medi di check-in, i ritardi dei passeggeri, le aree per i controlli di sicurezza e la posizione dei gate. Gli output sono essenzialmente grafici

che rappresentano variabili come la lunghezza della coda o il numero di passeggeri in fila. Il risultato finale è stato considerato molto utile sia per la progettazione che per la comprensione del funzionamento della struttura in diversi scenari.

Rauch e Kljajic (2006) hanno costruito un modello di simulazione ad eventi discreti utilizzando il linguaggio di programmazione GPSS (General Purpose Simulation System). I ricercatori hanno studiato sia le prestazioni attuali del sistema sia quelle previste in futuro. Il loro modello ha permesso di valutare il flusso dei passeggeri, individuare colli di bottiglia e la capacità del sistema. Stando agli autori, il modello è flessibile e permette un'agevole variazione dei parametri del sistema.

Andreatta et al. (2007), hanno utilizzato il modello SLAM II per modellare l'Aeroporto Internazionale di Atene in diversi scenari. SLAM II è un linguaggio di simulazione basato su Fortran che unisce concetti di rete, di eventi discreti e di modellazione continua in uno stesso linguaggio.

Il loro modello restituisce, come dati di output una serie di grafici dinamici relativi alle performance delle strutture aeroportuali. Nel modello sono stati testati tre diversi scenari: uno scenario di base, uno di forte carico e uno olimpico (dato che Atene ha ospitato i giochi olimpici nel 2004). Come dati di input sono stati utilizzati: il numero di voli nel periodo di tempo da simulare, gli orari di partenza, il tipo di aereo, il numero di passeggeri, i profili di arrivo dei passeggeri, il numero di desk check-in e i tempi di servizio. Il modello sviluppato è riuscito a mettere in evidenza i principali problemi degli impianti del terminal e i risultati sono stati considerati ragionevoli sia dagli esperti aeroportuali che dalle aziende.

Freivalde e Lace (2008) hanno sottolineato che negli aeroporti c'è sempre una capacità extra che non viene utilizzata e hanno descritto la loro idea di modellazione e simulazione utilizzando due tool di simulazione: GRADE e ARENA. Nel loro studio sui flussi pedonali all'interno dell'aeroporto internazionale di Riga, i ricercatori si sono focalizzati sia sugli arrivi che sulle partenze individuando le carenze e i colli di bottiglia del sistema.

Manataki e Zografos (2009) hanno proposto un modello di simulazione mesoscopico utilizzando l'approccio "system dynamics" per modellare il flusso di passeggeri in

partenza dall'aeroporto internazionale di Atene. La scelta di adottare un modello mesoscopico nasce dalla necessità di utilizzare uno strumento di supporto alle decisioni che, a differenza dei modelli macroscopici includa un livello sufficiente di dettaglio per valutare le prestazioni dell'aeroporto, gestire la complessità e la natura stocastica dei processi che si verificano nel terminal, e a differenza dei modelli microscopici non richieda una grande familiarità con i fenomeni, una mole di dati notevole e uno sforzo computazionale rilevante.

Smits et al. (2013) hanno proposto un modello basato sulle reti di Petri generalizzate applicato all'aeroporto di Rotterdam. Gli autori hanno definito e studiato quattro azioni particolari:

- uso dei servizi igienici;
- stare in coda al check-in;
- essere serviti al check-in;
- attesa.

I dati di input del modello sono fondamentalmente la geometria dell'aeroporto e il tempo relativo dei pedoni (ovvero il tempo a disposizione dei passeggeri prima di dover effettuare la prossima attività vincolante). Il software di simulazione adottato è stato Mason.

Più recentemente, Fonseca, Casas et al. (2014), utilizzando l'aeroporto internazionale di Barcellona come caso studio, hanno realizzato un modello di simulazione, volto a valutare il progetto di un nuovo terminale. In questo caso il software di simulazione adottato è stato Witness. La geometria dell'aeroporto era quella esistente nel caso studio e tutti i dati relativi ai passeggeri e agli aeromobili provenivano da record storici dall'aeroporto. Tutte le entità e le aree sono state definite e categorizzate. Alla fine della simulazione sono stati ottenuti tutti i principali flussi e riprodotti i processi dell'aeroporto. Il modello sviluppato ha avuto una reale utilità per la progettazione e la gestione dell'aeroporto di Barcellona e per altri aeroporti con configurazioni simili.

In letteratura è possibile anche rintracciare dei modelli di simulazione microscopica che si concentrano sui singoli processi aeroportuali, come ad esempio il check-in

(Appelt et al. 2007; Joustra e Van Dijk, 2001; Kiyildi e Karasahin, 2008, Trakoonsanti 2016) o i controlli di sicurezza (Shannon et al., 2004; Wilson et al., 2006).

Molto interessante risulta essere anche il lavoro di Adacher et al (2017) che hanno studiato il processo di gestione delle risorse lato landside. I ricercatori hanno proposto un modello di ottimizzazione che, assegnato un determinato layout e un flusso di passeggeri, individua il numero di banchi check-in e di security checkpoint per minimizzare una specifica funzione di costo che tiene conto dei costi di utilizzo delle risorse e dell'insoddisfazione dei passeggeri. Il modello sviluppa un algoritmo di ottimizzazione che integra un modulo di simulazione.

Ciascun modello di simulazione di un terminal aeroportuale, ovviamente, utilizza modelli, più o meno raffinati, di simulazione del deflusso pedonale. In generale si riscontrano approcci flow-based per modellazioni di tipo system dynamics o approcci entity-based o agent-based più dettagliati per modellazioni a eventi discreti o ad agenti.

#### 2.4.2 Wayfinding aeroportuale

Dal punto di vista del pedone, i ricercatori hanno utilizzato diversi concetti e indicatori per ottimizzare il progetto e la gestione del terminal aeroportuale. Un concetto largamente diffuso in letteratura è quello di wayfinding. Fewings (2001) definisce il wayfinding come il processo di individuazione della propria posizione in un sistema geografico e di ricerca del percorso per raggiungere la posizione desiderata.

Nel suo articolo, Tam (2011) ha cercato di realizzare un modello a supporto della progettazione del sistema di segnaletica in un ambiente chiuso (un aeroporto, una stazione ferroviaria o un centro commerciale,) testandolo in un ambiente aeroportuale. Per farlo, si è concentrato su un importante parametro chiamato Indice di Visibilità (VI), che è il rapporto tra il numero di linee visive disponibili in un determinato punto e momento, e il numero totale di linee di vista che potenzialmente esistono. Attraverso un algoritmo di ottimizzazione Tam massimizzato il VI per

ottenere la migliore allocazione dei segnali direzionali così da ottimizzare la capacità di navigazione dei passeggeri.

La formulazione fatta nell'articolo di Tam è stata considerata interessante, ma è stata limitata ad un solo livello di segnaletica fissa. L'autore ha suggerito che ulteriori indagini dovrebbero essere effettuate per includere nel modello una segnaletica multilivello (anche se il numero di variabili aumenterebbe notevolmente, così come il tempo di calcolo).

Churchill et al. (2008) hanno proposto un modello differente per l'Indice di Visibilità e lo hanno confrontato con quello più largamente diffuso. I metodi di indagine effettuati nell'aeroporto internazionale di Calgary sono stati utilizzati per definire il nuovo VI che ha evidenziato l'importanza di introdurre un programma di segnalazione sonora.

Oltre a massimizzare il VI, nelle intenzioni di Tam (2011) vi era anche la minimizzazione della distanza a piedi percorsa. Per ogni coppia origine-destinazione, la segnaletica è stata progettata per rendere il percorso il più breve possibile.

Allo scopo di ridurre la distanza percorsa dai passeggeri all'interno del terminal aeroportuale hanno lavorato anche altri autori. Già nel 1992 Bandara & Wirasinghe studiando le geometrie standard dei terminal hanno cercato di definire la configurazione ottimale del terminal e di sviluppare una procedura per determinare la migliore geometria per minimizzare la distanza da percorrere a piedi dai passeggeri.

Le caratteristiche geometriche del terminale sono state quindi analizzate e, per ciascuna di esse, sono state individuate delle formule per il calcolo delle distanze a piedi. Per ogni geometria è stata eseguita una simulazione. I dati di input sono la distribuzione dei passeggeri, dei punti di partenza e arrivo e ovviamente la configurazione del terminal. Il metodo proposto è stato considerato utile per studi sull'espansione di nuovi terminali. Tuttavia, esso non tiene conto di elementi come la movimentazione dei bagagli o il movimento automatizzato delle persone. Il software utilizzato dai ricercatori è menzionato nel loro lavoro.

## **2.5 Informazione all'utenza e reazione all'informazione**

In questo paragrafo si affrontano le problematiche inerenti lo studio della reazione all'informazione degli utenti di un sistema di trasporto.

Data la mancanza di riferimenti in ambito aeroportuale, si farà prevalentemente riferimento a studi condotti in ambito stradale.

### **2.5.1 Gli ATIS**

Gli ATIS (Advanced Traveller Information System) appartengono alla più vasta sfera degli ITS (Intelligent Transportation Systems). Gli ITS possono essere definiti come “sistemi elettronici per l'elaborazione e la comunicazione di informazione utilizzati al fine di incrementare l'efficienza e la sicurezza del sistema di trasporto” (Tindemans et al., 2003). Essi possono influenzare alcune parti del sistema di trasporto a diversi livelli agendo sull'infrastruttura, sulle entità circolanti o su entrambi.

Numerosa è la letteratura scientifica, in ambito trasportistico, che si interessa degli ITS e delle loro implementazioni sotto forma di ATIS, ma la stragrande maggioranza dei lavori si focalizza sullo studio delle reti di trasporto con particolare riferimento al traffico automobilistico (Chours et al. 2006). Allo stato attuale, stando alle conoscenze dell'autore, non esistono studi che si interessano dell'impatto dell'informazione sui comportamenti degli utenti di un terminal aeroportuale.

Gli ATIS possono essere definiti come un insieme di strumenti volti alla diffusione di informazioni, in real time, agli utenti di un sistema di trasporto al fine di ottimizzare il funzionamento del sistema o di rendere le scelte degli stessi più efficienti in maniera tale da massimizzare l'utilità percepita (Ben-Akiva et al 2002). Più comunemente gli ATIS perseguono l'obiettivo di ridurre l'incertezza del decisore sui costi relativi ai tempi di viaggio fornendo informazioni sul traffico (Li, 2004).

Nell'ambito della ricerca sugli ATIS è possibile identificare due tipologie di problemi: il primo di tipo tecnologico<sup>17</sup>, il secondo correlato al progetto dell'informazione da diffondere agli utenti e agli effetti di questa sui comportamenti degli utenti stessi e quindi nella valutazione generale del funzionamento del sistema. La ricerca su ATIS risale agli anni '50 e si è evoluta negli ultimi 40 anni. Dal punto di vista tecnologico è possibile identificare due periodi principali.

Nel primo periodo la ricerca si è orientata verso lo studio degli strumenti per informare i viaggiatori in merito a condizioni di congestione non usuali (in concomitanza di eventi speciali o di incidenti) e di prevenire e mitigare i disagi derivanti da tali condizioni. A partire dalla fine degli anni '60 e per tutti gli anni '70 la tecnologia era dunque basata su pannelli a messaggio variabili (VMS) e bollettini radio (HAR), sistemi questi implementati in tutto il mondo e che rappresentano di fatto il primo esempio di ATIS.

La seconda generazione è stata invece caratterizzata dalla personalizzazione dell'informazione. Ciò è stato possibile dapprima con la rivoluzione informatica degli anni '90 (con l'avvento del personal computer) e poi con la rapida diffusione dei dispositivi mobili che hanno dato il via all'implementazione di servizi informativi e di wayfinding personalizzati e in real-time. La geolocalizzazione (indoor e outdoor), il social networking e la maggiore raggiungibilità dell'utente hanno permesso lo sviluppo di sistemi informativi più precisi, più accessibili e più in linea con le preferenze dell'utente.

Dal punto di vista tecnologico gli interrogativi maggiori riguardano:

- il messaggio informativo deve basarsi solamente sulle condizioni attuali del sistema o tener conto delle condizioni future?;
- il messaggio deve essere correttamente e funzionalmente modificato allo scopo di ottenere le condizioni di traffico desiderate?;

---

<sup>17</sup> *Il lato tecnologico degli ATIS è strettamente correlato alla ricerca sulle tecnologie di comunicazione intelligenti (ICT).*

- qual è l'effetto di differenti livelli di accuratezza e affidabilità del sistema sulla reazione dell'utente?

Come già accennato in precedenza, sono stati condotti diversi studi sull'effetto ATIS sulle reti di traffico, ma ci sono ancora molti problemi irrisolti (o almeno controversi) riguardanti l'impatto delle informazioni e le reazioni degli utenti sulle informazioni (Di Pace 2008).

Molti ricercatori hanno studiato l'effetto informativo sulle scelte di percorrenza dei viaggiatori in caso di reti monomodali, sia in condizioni di traffico usuali (Jayakrishnan e Mahmassani, 1991; Arnott et al., 1991; Ben-Akiva et al., 1992) sia in condizioni non usuali; (Khattak et al., 1993; Abdel-Aty, 1998) e alcuni di questi studi sono stati specificamente focalizzati sull'effetto dell'accuratezza e dell'affidabilità dell'informazione sul comportamento degli utenti.

Vale la pena notare che gli ATIS stanno diventando un interrogativo emergente, anche a causa delle tecnologie di seconda generazione e delle implicazioni commerciali che ne derivano.

Se facciamo riferimento solo alle informazioni relative ai ritardi che è possibile sperimentare durante un tragitto, è lecito affermare che, attualmente, tali informazioni sono quasi onnipresenti. Le informazioni sugli ingorghi stradali sulle strade principali sono distribuite su radio, televisione e Internet. Grazie ad applicazioni di condivisione di informazioni sul traffico come Waze<sup>18</sup>, le informazioni sono disponibili anche per le strade non coperte dal servizio di rilevamento e monitoraggio del traffico governativo.

La molteplicità delle fonti, i diversi livelli di accuratezza e affidabilità dell'informazione, le modalità di fruizione del messaggio informativo, il diverso approccio degli utenti nei confronti dell'utilizzo e della ricerca delle informazioni di

---

<sup>18</sup> Waze è un'applicazione gratuita di navigazione stradale per dispositivi mobile basata sul concetto di crowdsourcing sviluppata dalla start-up israeliana Waze Mobile. Waze si differenzia dai tradizionali programmi di navigazione GPS in quanto, grazie agli utilizzatori, è in grado di fornire aggiornamenti sul traffico o altri avvenimenti in tempo reale.

viaggio si traducono in una eterogeneità dei comportamenti degli utilizzatori di un sistema trasportistico capace di influenzare le prestazioni del sistema stesso, nonché la customer satisfaction e la passenger experience degli utenti (Hu et al. 2017).

In ambito aeroportuale la ricerca non è molto avanzata eppure il contesto sembra maturo per affrontare lo studio sugli ATIS.

Infatti il mercato dell'aviazione è un settore in forte crescita da più di 30 anni. Nonostante le crisi il numero di passeggeri è, tendenzialmente, sempre in ascesa. Il paradigma classico che prevedeva di rispondere ad un incremento della domanda con un ampliamento della struttura è un modello che sempre meno può essere applicato sia per vincoli economici che per limitazioni logistico-ambientali. Da questo punto di vista l'utilizzo dell'informazione agli utenti può dunque rappresentare un valido strumento per limitare gli effetti della congestione (code), armonizzare la gestione delle risorse interne e incrementare le probabilità di vendita di beni e servizi non aeronautici. Per perseguire quest'obiettivo è di fondamentale importanza:

- Sviluppare un sistema per l'erogazione di informazioni precise, georeferenziate, personalizzate e soprattutto in real time;
- Individuare il contenuto del messaggio e le esigenze informative;
- Valutare il bacino di utenza dell'informazione;
- Progettare un messaggio informativo coerente con le condizioni attuali del sistema, in linea con le previsioni future e congruente con gli obiettivi del ente gestore del terminal;
- Valutare la risposta dei passeggeri ad input informativi (i fattori che influenzano la scelta) e l'effetto globale sul funzionamento del sistema.

### 2.5.2 Framework generale per l'analisi sugli ATIS

Diversi tipi di informazione possono essere inviate ai passeggeri: lunghezza delle code, stime sui tempi di viaggio, percorsi consigliati. Quando l'informazione fornita al passeggero si riferisce solo alle condizioni del sistema, essa viene definita "descrittiva" (es. al check-in c'è una coda di 10 minuti), mentre quando

L'informazione suggerisce all'utente un comportamento da adottare l'informazione viene definita "prescrittiva" (es. al check-in c'è una coda di 10 minuti, torna tra 5 minuti).

L'informazione può inoltre essere statica o dinamica. Le informazioni statiche sono correlate a cose o fatti che raramente cambiano (ad es. posizione di un punto di interesse) o a indicazioni di wayfinding di base che non sono legate alle condizioni di traffico del sistema. Al contrario le informazioni possono essere dinamiche cambiando ogni qualvolta le condizioni del traffico mutano.

L'informazione può essere classificata anche sulla base del livello di accuratezza (essa è tanto più accurata quanto più risulta consistente con le condizioni del sistema) o sulla base del livello di dettaglio (Dell'Orco et al 2006).

Se si suppone che le informazioni fornite agli utenti non modifichino in modo drastico la distribuzione dei tempi di viaggio effettivi sulla rete, fondamentalmente perché la rete non è congestionata e/o perché la percentuale di viaggiatori che hanno accesso alle informazioni (e che reagiscono ad essa) è relativamente piccola, si dice che il sistema è destinato a inviare informazioni istantanee basate sui tempi di percorrenza (istantanei) in rete.

Al contrario, un ATIS predittivo può essere considerato coerente nel diffondere informazioni predittive, basate sui tempi di viaggio che realmente i viaggiatori sperimenteranno una volta raggiunta la destinazione. In caso di informazione predittiva si può assumere che la reazione dell'utente all'informazione cambi in maniera sostanziale la distribuzione del traffico. Quindi in questo caso l'informazione non deve essere solamente predittiva, ma anche consistente con la reazione che produrrà nell'utente. Questo problema è noto in letteratura come "anticipatory route guidance problem" ARGP (Bottom 2000).

In caso di informazioni istantanee l'accuratezza può essere intesa come la capacità del sistema informativo di indurre nel viaggiatore una percezione dei tempi di viaggio più corretta possibile rispetto ai tempi di viaggio più frequentemente sperimentati sulla rete. In caso di informazioni predittive, è necessario misurare

l'esattezza rispetto ai tempi effettivi di corsa. In caso di informazioni coerenti l'accuratezza si riferisce anche alla soluzione corretta dell'ARGP.

Un interessante contributo per la modellazione degli ATIS è quello di analizzare la "compliance"<sup>19</sup> (compiacenza) sia a livello disaggregato (in riferimento alla scelta del singolo decisore) e sia a livello aggregato (in riferimento all'effetto cumulato sul sistema delle scelte fatte dai singoli decisori tenendo conto delle condizioni del sistema e dei fenomeni di congestione).

Quindi mentre in un contesto trasportistico il modello è composto fondamentalmente da tre moduli; modulo di offerta (insieme dell'infrastruttura, dei servizi e delle regole che determinano l'opportunità di spostamento), modulo di domanda (il carico della rete) e modulo di assegnazione (interazione tra domanda e offerta), in caso di introduzione di un sistema ATIS bisogna introdurre un modulo per la descrizione della reazione all'informazione degli utenti e un altro per la simulazione della variabilità della tendenza dell'utente a seguire o a rifiutare i suggerimenti ricevuti dagli ATIS.

### 2.5.3 Stato dell'arte

Notevoli sforzi sono documentati in letteratura miranti alla comprensione e alla realizzazione di modelli in grado di riprodurre il comportamento dei viaggiatori influenzati da un messaggio informativo che a sua volta può determinare una nuova scala di priorità e quindi scelte differenti.

Tendenzialmente la letteratura lo studio dell'impatto delle informazioni fornite all'utente viene affrontato partendo dalla rappresentazione del sistema in assenza di informazioni. Infatti gli aspetti di modellazione in assenza di informazioni sono ancora validi in presenza di informazioni, anche se devono essere modificate e / o integrate per tener conto di fenomeni aggiuntivi

---

<sup>19</sup> La compliance può essere definita come l'attitudine del viaggiatore a comportarsi in accordo alle informazioni o ai suggerimenti forniti dagli ATIS

### 2.5.3.1 Il comportamento degli utenti in assenza di informazioni

Se facciamo riferimento al sistema, come ad una rete stradale, la scelta del percorso è direttamente influenzata dalle condizioni della rete e dai costi di viaggio. In ambito aeroportuale lo scenario è nettamente differente. All'interno del terminal infatti il passeggero è costretto a passare attraverso alcuni check point obbligatori al fine di poter imbarcare in tempo. Tali check-point prendono il nome di attività vincolanti (o processing activities) e sono costituiti principalmente dal check-in (qualora il passeggero non l'avesse già espletato on-line), dai controlli di sicurezza, dal controllo passaporti (in funzione della destinazione) e controllo al gate. Durante queste attività vincolanti, il passeggero può decidere di voler intraprendere ulteriori attività (attività non vincolanti o discretionary activities) non necessarie ai fini dell'imbarco. La scelta di effettuare questi tipi di attività dipende dalle necessità, dalle preferenze e dai vincoli temporali.

Per quanto articolata si possa presentare quindi, la struttura di un terminal aeroportuale non presenta le caratteristiche di complessità di una rete stradale. I percorsi possibili tra un'attività vincolata ed un'altra sono limitati (in genere uno soltanto) tuttavia, soprattutto nei grandi hub internazionali, il numero di attività che è possibile intraprendere lungo il percorso è notevole e può portare un passeggero anche a distaccarsi (tanto) dal percorso vincolato (per quanto in letteratura sono presenti degli studi che evidenziano la tendenza dei passeggeri a non deviare eccessivamente dal percorso che collega due attività vincolanti). È possibile dunque pensare ad un parallelismo tra le scelte di percorso in ambito stradale e le scelte di attività in ambito aeroportuale.

Un altro aspetto che differenzia notevolmente le scelte di percorso su rete stradale, dalle scelte per attività all'interno del terminal è la ripetitività. Infatti essa impone di tenere in considerazione meccanismi di aggiornamento del livello di conoscenza del sistema legati all'esperienza che l'utente, giorno dopo giorno, fa del sistema stesso. Quindi mentre la scelta del percorso è un'attività di scelta che può considerarsi ripetitiva, in quanto, in generale, viene intrapresa continuamente, l'utilizzo delle

strutture e dei servizi del terminal è, tendenzialmente, meno frequente e il grado di dimestichezza con la struttura aeroportuale può venire, eventualmente, considerato come un semplice attributo socio-economico del decisore.

Per la modellazione delle scelte è possibile perseguire due approcci: uno statistico ed uno basato sull'analisi disaggregata delle scelte.

L'approccio statistico (Huchingson, McNees et al, 1977; Ratcliffe, 1970; Heathington, Worrall et al., 1971; Wachs, 1967; Pedersen, 1998) indaga la relazione tra comportamento degli utenti e alcuni fattori utilizzando i dati in maniera aggregata. I metodi di analisi disaggregati si basano sull'applicazione di modelli discreti e individuano la probabilità di effettuare una certa scelta a livello individuale. Nell'ambito dell'ingegneria dei trasporti il paradigma interpretativo più largamente utilizzato per la simulazione delle scelte è di tipo economico (l'utente si comporta in modo da massimizzare la propria utilità) e i modelli più diffusi, che da esso ne derivano, prendono il nome di modelli di utilità aleatoria. All'interno di questi modelli, ve ne sono alcuni, che riescono a tener conto anche di variabili non osservabili direttamente dall'analista (credenze, percezioni, attitudini) ma che comunque potrebbero influenzare il comportamento di scelta dell'utente. Tali modelli prendono il nome di modelli a variabili latenti e sono stati largamente utilizzati in questo lavoro.

#### 2.5.3.2 Il comportamento degli utenti con informazioni: il ruolo dell'accuratezza

Diversi studi sono stati condotti in un contesto ATIS e in molti casi è stato considerato l'impatto dell'affidabilità delle informazioni sulla scelta delle alternative.

Alcune considerazioni sulla relazione tra le informazioni e scelte degli utenti sono state fatte da Hogarth (1987). Egli ha considerato quattro aspetti principali di informazioni non complete sulla capacità di giudizio dei viaggiatori:

1. Gli utenti hanno una percezione selettiva delle informazioni;

2. In generale, l'elaborazione dell'informazione non avviene contemporaneamente ma in maniera sequenziale;
3. I decisori hanno limitate capacità computazionali per la valutazione delle informazioni;
4. I decisori hanno una memoria limitata

Per questi motivi l'autore suggerisce che la presentazione delle informazioni è più importante della quantità di informazioni presentate.

Emmerink et al. (1995) hanno studiato il rapporto tra la reazione degli utenti all'informazione e gli effetti sulla rete. In particolare i ricercatori hanno considerato diversi contesti di scelta con e senza informazioni e come il meccanismo di aggiornamento dell'utilità risulti influenzato dall'esperienza dei viaggiatori. Le informazioni prese in considerazione sono state le informazioni pre-trip, l'informazione en-route e le informazioni ex-post.

Jha et al. (1998) hanno sviluppato un modello Bayesiano volto a catturare la percezione da parte dei viaggiatori sia del tempo di viaggio che delle informazioni, analizzando nel contempo anche il ruolo dell'esperienza.

Nelle loro ricerche è stato sviluppato un quadro teorico per studiare gli spostamenti quotidiani e incorporare nel modello di scelta del percorso l'effetto dell'incertezza di viaggio totale nel tempo percepito. Il quadro è composto da due modelli principali: il primo modello è per l'analisi dinamica della rete di traffico, mentre il secondo riguarda le dinamiche di scelta quotidiana dei viaggiatori, ed è a sua volta composto da due sottocomponenti, un sottomodello per l'aggiornamento delle percezioni dei viaggiatori sulle prestazioni di rete (influenzato dalle informazioni sul traffico e dalle percezioni storiche dei viaggiatori) e un altro sottomodello per la simulazione delle scelte di viaggio. Il fulcro di questo studio è il processo di aggiornamento quotidiano dei tempi di percorrenza percepiti, utilizzando nello stesso tempo le informazioni inviate e i tempi di viaggio sperimentati.

Molto interessante risulta la ricerca fatta da E. Van Berkum e da P. Van der Mede (1996). L'impatto delle informazioni è stato analizzato confrontando due contesti con

e senza informazioni. Sono stati osservati anche due diversi tipi di informazioni (descrittivi e prescrittivi) veicolati mediante pannelli a messaggio variabile (VMS). La ricerca è stata condotta combinando due diversi approcci per l'acquisizione di dati: indagini con preferenze dichiarate e preferenze rilevate.

Nel primo caso gli intervistati sono stati sottoposti ad un esperimento di laboratorio, mentre nel secondo caso sono stati raccolti dati con riferimento ad un VMS esistente. In un contesto senza informazioni, il decisore si caratterizza per la tendenza a scegliere in accordo al principio di massimizzazione della propria utilità percepita o sulla base dell'abitudine.

Nel caso di intervento degli ATIS, sono stati identificati due diversi effetti delle informazioni, in base al contesto informativo descrittivo o prescrittivo. In caso di informazioni prescrittive, i viaggiatori possono essere "compliant" o "not compliant" (ovvero seguire o non seguire le indicazioni del sistema) ma il contributo informativo non svolge un ruolo all'interno della definizione della funzione di utilità. L'informazione, piuttosto, rientra all'interno dell'utilità in un contesto descrittivo. Quindi nel caso di contesto prescrittivo le probabilità di scelta dell'alternativa non sono influenzate direttamente dall'informazione, ma il suo contributo rientra solamente nella definizione della "compliance".

Hato et al. (1999) hanno sviluppato un quadro concettuale (riferito alle scelte di percorso) per analizzare l'effetto di diversi dispositivi di informazione (ad esempio mappe, messaggi sul tempo di viaggio, pannelli a messaggio variabile, bollettini di traffico radio) sul comportamento dei viaggiatori.

Nello studio sono stati considerati i processi di acquisizione e di utilizzo delle informazioni, nonché i fattori psicologici latenti estratti considerando le variabili esterne ed endogene degli utenti. Questi fattori (capacità del processamento delle informazioni e coinvolgimento cognitivo) sono stati utilizzati per l'acquisizione di informazioni e per la specificazione del modello di riferimento. Il modello è stato validato sulle osservazioni fatte sui dati relativi all'autostrada metropolitana di Tokyo, dove sono stati adottati quattro diversi tipi di informazioni (le mappe

grafiche, i messaggi di testo in merito alla lunghezza delle code, notifiche sugli incidenti e tempi di viaggio per determinate destinazioni).

Gou et al. (2005) hanno proposto un framework per indagare il comportamento degli utenti influenzato dall'informazione. Questo framework è composto da due componenti: un modello within-day volto ad analizzare la stabilità della rete e un modello day-to-day finalizzato ad analizzare la risposta degli utenti alle informazioni. Il quadro di simulazione di rete day-to-day è costituito dai seguenti sottomodelli:

1. Il modello di scelta del percorso stocastico;
2. Il modello per la simulazione del tempo di partenza e della modifica dei comportamenti degli utenti
3. Il modello di fruizione dell'informazione in real-time
4. Le dinamiche del flusso di traffico e il modello di assegnazione day-to-day.

Avineri et al. (2003) hanno dimostrato che, più alta è la varianza nei tempi di viaggio effettivi (maggiore incertezza), e più bassa è la sensibilità dei conducenti alle differenze di tempo di viaggio. Essi hanno analizzato l'effetto di due diverse strategie di informazione: una "statica", in cui vengono forniti tempi di viaggio prefissati e una "dinamica", in cui vengono forniti ai viaggiatori tempi di viaggio in real-time. Dalla ricerca si è evidenziato che l'effetto delle informazioni dinamiche sembra essere meno positivo rispetto alla capacità dei viaggiatori di effettuare le scelte migliori (in termini di massimizzazione dell'utilità).

Ettema e Timmermans (2006) hanno studiato un modello per ridurre l'effetto negativo dell'incertezza del tempo di viaggio. Questo modello si basa sull'utilità attesa e include la variabilità del tempo di viaggio, la qualità delle informazioni sul tempo di viaggio e la percezione del tempo di viaggio degli utenti.

Nell' studio di Moghaddam e Jeyhani. (2017) viene esaminata la percezione e la risposta dei viaggiatori alle informazioni sul tempo di viaggio, in termini di comportamento di scelta dei percorsi prodotti da un simulatore di guida e dichiarati da un'indagine SP. Negli esperimenti, basati sul simulatore di guida, sono stati considerati diversi scenari di traffico e condizioni di guida, di informazioni e livelli

di affidabilità. Le informazioni sul tempo di viaggio sono state fornite utilizzando un pannello a messaggio variabile. L'insieme di scelta era costituito da tre percorsi, uno dei quali comprendeva una strada pedaggio. 216 esperimenti sono condotti utilizzando un campione di 65 partecipanti provenienti da background socio-economici diversi. Per analizzare i dati raccolti sono stati utilizzati modelli di regressione logistica multinomiale. I risultati mostrano che l'obiettivo del viaggio, l'affidabilità del tempo di viaggio, il livello di congestione e il reddito sono determinanti importanti sui comportamenti di scelta dei percorsi dei conducenti.

Asakura e Kashiwadani (1994) hanno invece studiato l'effetto di differenti tipi di informazioni in merito alla disponibilità di posti all'interno di un parcheggio (parking guidance and information systems, PGI). Il lavoro è stato affrontato valutando l'effetto dell'informazione su alcuni indicatori di performance utilizzando un apposito modello di simulazione. Il modello prevede tre sottomodelli: per la domanda, per gli indicatori di performance e per il servizio informativo. Il modello è stato sviluppato per descrivere l'interazione dinamica tra il sistema della domanda e il sistema degli indicatori. Con esso è possibile esaminare le fluttuazioni nel tempo delle scelte dei decisori e il conseguente grado di congestione all'interno del parcheggio. Accanto al modello con informazioni è stato anche sviluppato un modello in assenza di informazioni in modo da poter valutare gli effetti dei diversi messaggi informativi relativi alla disponibilità e al grado di congestione del parcheggio. L'obiettivo di questo studio, e più in generale degli studi sui PGI è quello di redistribuire la domanda di parcheggio e di ridurre le code nei più affollati parcheggi cittadini (lo studio si è focalizzato sulla città di Matsuyama in Giappone). In sintesi, tutti gli approcci alla modellazione di scelta in presenza di informazioni estendono i modelli di scelta sviluppati in assenza di informazioni. Le principali problematiche critiche sono relative a comprendere

- Come le informazioni inviate influenzino le funzioni di utilità e/o il meccanismo di aggiornamento della scelta,
- Come modellare correttamente il ruolo e l'effetto dell'affidabilità delle informazioni.

### 2.5.3.3 Impatti sulla rete degli ATIS

Gli ATIS hanno effetti diretti sulle scelte dei viaggiatori, ciò significa che possono influenzare modelli di traffico e, a loro volta, le prestazioni della rete. Questa considerazione ha indotto molti analisti a valutare l'ipotesi di progettare le informazioni da inviare in modo da indurre alcuni effetti desiderati sulla rete.

In altri termini, alcuni autori hanno constatato che gli ATIS possono essere utilizzati come strumenti di controllo del traffico in grado di ottimizzare il funzionamento del sistema (Yang e Meng, 2001; Lo e Szeto, 2002a).

Alcuni ricercatori hanno quantificato il potenziale vantaggio delle implementazioni di sistemi ATIS come il risparmio di tempo di viaggio medio provocato dalla conversione dei comportamenti degli utenti da massimizzatori della propria utilità percepita (ottimi utente) a massimizzatori delle performance del sistema (ottimo di sistema) (Mahmassani e Peta, 1995). Altri analisti (De Florio, 2003) hanno studiato gli ATIS come strumenti per controllare/regolare i modelli di traffico al fine di preservare uno stato di equilibrio (stocastico) raggiunto rispetto agli effetti di (piccole) perturbazioni stocastiche. In questo caso, gli ATIS funzionano in combinazione con un vasto sistema di monitoraggio e ogni deviazione dal modello di equilibrio di traffico previsto viene rilevato e risolto regolando perfettamente le informazioni inviate dal sistema.

Chiaramente, l'impatto degli ATIS sul sistema di trasporto, sia esso una rete stradale, o un terminal aeroportuale, dipende innanzitutto dal numero di viaggiatori che ricevono le informazioni.

Se solo a pochi utenti vengono fornite informazioni, l'impatto cumulato delle loro scelte di viaggio sulle condizioni del sistema risulta essere trascurabile, ma se molti viaggiatori ricevono messaggi ATIS, l'effetto aggregato delle loro reazioni diventa importante. Questo effetto aggregato dipende sia dal contenuto informativo del messaggio, sia da come gli utenti reagiscono all'informazione.

Ben Akiva et al. (1991) hanno individuato alcuni dei possibili effetti di rete avversi che possono derivare dalla diffusione di informazioni. Ad esempio se molti

viaggiatori reagiscono in egual misura ad uno stesso messaggio, il rischio è quello di spostare la congestione da una zona all'altra dell'sistema senza ottenere effetti benefici. Inoltre, un eccessivo numero di informazioni può indurre i viaggiatori ad una risposta negativa al messaggio compromettendo di fatto la capacità di elaborazione del messaggio da parte degli utenti stessi.

#### 2.5.3.4 Modello di "compliance"

In molti casi la relazione tra la qualità/accuratezza delle informazioni e la "compliance" dei viaggiatori viene trascurata nella letteratura scientifica (Thakuria et al., 1996) e in alcuni casi le strategie di informazione vengono valutate sulla base di considerazioni statistiche e descrittive senza incorporare un modello esplicito di reazione all'informazione.

Inoltre, viene spesso trascurato che i messaggi devono essere coerenti con le condizioni del traffico dopo le reazioni dei viaggiatori. La compliance dei viaggiatori è spesso considerata come una variabile esogena e spesso il suo ruolo è confuso con quello della market penetration.

La market penetration è definita come l'aliquota di utenti del sistema equipaggiata in maniera tale da poter ricevere input informativi da parte del sistema, mentre la compliance rappresenta l'aliquota di utenti che reagisce all'informazione ricevuta (Yang e Meng, 2001, Lo e Szeto, 2002b).

Li (2004) ha proposto un modello nested-logit per la determinazione della market penetration e del tasso di compliance di un sistema ATIS. Egli ha anche proposto un algoritmo iterativo per la determinazione dei due indicatori e dei flussi di equilibrio su rete. Il modello è stato poi testato su una semplice rete test.

Yin e Yang (2003), nel loro lavoro hanno dimostrato che la compliance è indipendente dall'accuratezza dell'informazione ma è legata al risparmio totale del tempo di viaggio.

In alcuni casi, ricerche sul comportamento degli utenti in un contesto ATIS sono state realizzate acquisendo dati da un simulatore di viaggio. In molti casi, l'effetto

dell'informazione prescrittiva, è stato investigato in quanto questo tipo di informazione è una specifica indicazione a fare una particolare azione e quindi, risultando più influente sui comportamenti dei viaggiatori, è spesso considerata potenzialmente più adatta per attuare azioni di controllo del traffico.

Negli studi effettuati per determinare come i viaggiatori rispondono alle informazioni, i dati vengono raccolti in due modi principali:

- analizzando le decisioni, utilizzando un ambiente di simulazione virtuale;
- osservando direttamente il comportamento degli utenti del sistema in contesti reali.

Un esempio del secondo tipo di approccio è rappresentato da una serie di studi effettuati utilizzando indagini sui pendolari nell'area metropolitana di Los Angeles, informati mediante pannelli multifase. (Vaughn et al., 1993, Abdel-Aty e Kitamura, 1997, Abdel-Aty et al 1993, Abdel-Aty et al 1994, Kitamura, et al 1995a,).

Da questi studi si è evinto che l'effetto dell'informazione è anche correlato alle caratteristiche socio-economiche degli utenti, come il genere e il livello di istruzione. Inoltre si è evidenziato che la compliance aumenta con l'aumentare del grado di accuratezza dell'informazione e che combinando insieme informazioni descrittive e prescrittive si ottiene un miglioramento della percezione, da parte dell'utente, sull'accuratezza dell'informazione, il che si traduce a sua volta in un aumento della predisposizione dei passeggeri a rispettare le indicazioni fornite dal sistema.

Un modello per la simulazione della reazione dei viaggiatori all'informazione è stato calibrato anche da Bierlaire et al. (2006). Essi hanno registrato le reazioni dei viaggiatori sottoposti a diversi tipi di informazioni. I dati sono stati ottenuti combinando i risultati di indagini su preferenze dichiarate e rilevate.

Forse gli studi più completi relativi alla modellizzazione della compliance sono stati eseguiti da Mahmassani et al (1999) e da Srinivasan et al. (2002). Essi hanno utilizzato un simulatore di scelte di viaggio interfacciato al modello di traffico mesoscopico Dynasmart. L'obiettivo della loro ricerca era quello di cercare di osservare la relazione tra la compliance e alcuni parametri esaminando l'effetto di questi parametri sull'utilità di essere "compliance".

Vale la pena notare che in questo caso l'analisi si riferisce direttamente al fenomeno della compliance, piuttosto che agli effetti delle informazioni sulle scelte di percorso. L'esperimento considera gli effetti di due diversi tipi di informazioni (descrittive e prescrittive), nonché l'effetto della qualità delle informazioni e dei feedback forniti agli utenti sulla precisione delle informazioni.

In un primo momento, i ricercatori, hanno studiato l'effetto di alcuni parametri che caratterizzano le informazioni e quindi hanno calibrato un modello di utilità di essere compliance. Due sono gli aspetti qui evidenziati:

- lo studio della compliance è stato relativo non solo ad informazioni di tipo prescrittivo ma anche di tipo descrittivo;
- la differenza tra accuratezza dell'informazione e affidabilità.

La definizione di compliance adottata da Mahmassani è diversa da quella di Van Berkum e Van der Mede; Per questi ultimi infatti la compliance non è solo la decisione di seguire meno le indicazioni fornite dal sistema (in un contesto di informazione prescrittiva) ma anche la scelta di utilizzare le informazioni (in un contesto di informazione descrittiva) per confrontare le alternative di scelta.

Nella ricerca di Mahmassani il modello di compliance è stato calibrato come un kernel logit dinamico (modello di scelta binario). Per la calibrazione del modello sono stati identificati diversi attributi, come l'accuratezza e l'affidabilità. L'accuratezza è definita come la discrepanza tra le informazioni inviate dall'ATIS e il tempo di viaggio sperimentato, l'affidabilità delle informazioni è definita come la probabilità che l'errore relativo dell'accuratezza (la differenza tra il tempo di viaggio previsto il tempo di viaggio effettivo, diviso per il tempo di viaggio effettivo) superi una determinata soglia (cinque valori di soglie sono stati considerati) con riferimento ad esperienze precedenti, diviso il numero di esperienze precedenti. Vale la pena notare che l'accuratezza misura quanto l'informazione risulta precisa, mentre l'affidabilità misura quanto spesso le informazioni sono state sufficientemente precise. Sostanzialmente la non affidabilità del sistema è legata al non bilanciamento tra domanda ed offerta di trasporto (congestione). La fonte di congestione può essere distinta in demand-related, legata quindi a fluttuazioni inusuali dei flussi come nel

caso di eventi speciali) o supply-related, dovuta ad incidenti o cantieri aperti (Moghaddam Jeihani, 2017).

Diversi sono anche gli studi sull'impatto dell'informazione nella letteratura non trasportistica. Se consideriamo un sistema di code, costituito da una sezione di servizio (server) e una coda di utenti (customers) che deve essere smaltita (può essere ad esempio il caso di un banco check-in o di una stazione di sicurezza) esistono diversi tipi di informazioni che il server può comunicare ai customers, come ad esempio la lunghezza della coda o il tempo necessario per essere serviti.

A differenza dei primi studi incentrati sulla valutazione delle performance dei sistemi di code con consumer passivi, lo studio delle code con consumatori strategici (strategic consumer) è un argomento che negli ultimi anni sta riscuotendo un forte interesse. Gli strategic consumer sono utenti in grado di prendere decisioni: entrare o non entrare in coda, rimanere o abbandonare la coda, acquistare o meno ticket con priorità, etc. (Burnetas et al 2017).

In letteratura sono fondamentalmente tre le tipologie di modelli di coda con apporto informativo che vengono prese in considerazione:

- modelli ad informazioni osservabili;
- modelli ad informazioni parzialmente osservabili;
- modelli ad informazioni non osservabili

Nei modelli osservabili i clienti conoscono esattamente lo stato del sistema prima di prendere le proprie decisioni, mentre nei modelli parzialmente osservabili hanno solo conoscenze parziali (per esempio, possono conoscere il numero di clienti nel sistema ma non lo stato del server). Infine, nei modelli non osservabili i clienti prendono le proprie decisioni senza osservare lo stato del sistema.

Lo studio del comportamento strategico del cliente per quanto riguarda la problematica di mettersi o non mettersi in coda (joining/balking dilemma) è stato avviato da Naor (1969). Nel modello di Naor, un consumatore omogeneo (che conosce i parametri del sistema di servizio) osserva la lunghezza della coda e, appena giunto alla fila, decide se mettersi in coda o meno. A causa dell'omogeneità, consumatori presentano tutti la stessa soglia di abbandono. Edelson e Hildebrand

(1975) hanno completato questo lavoro studiando il corrispondente sistema non osservabile, dove i clienti prendono le loro decisioni senza osservare la lunghezza della coda, ma conoscendo solo i parametri del sistema. Recentemente si trovano numerosi documenti che estendono queste idee e studiano il joining/balking dilemma dei clienti in varianti del sistema di coda M/M/1.

Nella sezione 3.2 del lavoro di Hassin e Haviv (2003) vi è una esauriente descrizione dei principali studi sulla teoria delle code. Più recentemente, diversi autori hanno studiato modelli che in qualche modo “mescolano” modelli di coda M/M/1 non osservabili e osservabili. Ad esempio, Economou e Kanta (2008) consideravano modelli in cui solo un sottoinsieme degli utenti in coda conosce la lunghezza esatta della coda.

Guo e Zipkin (2007,2009) hanno studiato l'effetto di diversi tipi di informazione e con diversi gradi di accuratezza, in merito ai tempi di servizio e ai tempi in coda sui comportamenti degli utenti.

Ci sono altre opere recenti sul ruolo delle informazioni sul comportamento del cliente strategico; Vedi, ad esempio, Dobson e Pinker (2006), Shone et al.(2013) e Hassin e Koshman (2014) e Hassin (2016) che riassume i recenti progressi in questa direzione. Simhon, et al. (2016) ,Kim e Kim (2017).

Nell'ambito dei call center, ci sono diversi lavori che studiano la fornitura di informazioni sui tempi di attesa. Si faccia riferimento agli studi di Armony e Maglaras (2004) e Jouini et al. (2011), Aksin et al. (2009) . Tuttavia, in questi lavori, viene fatta l'ipotesi che la capacità del servizio, sia nota all'utente.

### **3 Modelli di simulazione di comportamenti di scelta**

Oggetto di studio della teoria delle decisioni è il comportamento di scelta, ideale o reale, dei decisori (individui o gruppi).

La decisione è la scelta di intraprendere un'azione, tra più alternative considerate (opzioni), da parte di un individuo o di un gruppo (decisore). Il processo che porta alla decisione viene detto decision making.

Quando parliamo di problema decisionale ci si riferisce da un lato alla problematica relativa alla individuazione e schematizzazione degli elementi che concorrono alla messa in atto di una scelta (da parte del decisore) e dall'altro alle procedure tecnico-matematiche adottate dall'analista per cogliere le preferenze del decisore.

A tal proposito distinguiamo due concetti:

- il concetto di paradigma interpretativo inteso come uno schema, all'interno del quale compaiono tanto i fattori che influenzano la scelta quanto le relazioni che intercorrono tra questi e la decisione del soggetto;
- il concetto di paradigma teorico inteso come una traduzione quantitativa del processo decisionale mediante ipotesi operative, semplificazioni e approssimazioni.

Il paradigma interpretativo di gran lunga più utilizzato per la modellazione delle scelte nell'ambito dell'ingegneria dei trasporti è il paradigma dell'utilità aleatoria (random utility model).

### 3.1 La teoria dell'utilità aleatoria<sup>20</sup>

I modelli di utilità aleatoria (o casuale) si basano sull'ipotesi che ogni utente, eventualmente appartenente ad una classe di utenti omogenei da un punto di vista comportamentale, sia un decisore razionale ovvero un massimizzatore dell'utilità relativa alle proprie scelte. Più in particolare, i modelli di utilità aleatoria si basano sulle seguenti ipotesi:

- Il generico utente  $i$ , nell'effettuare la scelta, considera  $m_i$  alternative disponibili che costituiscono il suo insieme di scelta  $I^i$ . L'insieme di scelta può essere differente per utenti diversi;
- Il decisore  $i$  associa a ciascuna alternativa  $j$  del suo insieme di scelta un'utilità o "attrattività" percepita  $U_j^i$  e sceglie l'alternativa che massimizza tale utilità;
- L'utilità associata a ciascuna alternativa di scelta dipende da una serie di caratteristiche misurabili, o attributi, propri dell'alternativa stessa e del decisore,  $U_j^i = U^i(\mathbf{X}_j^i)$ , dove  $\mathbf{X}_j^i$  è il vettore degli attributi relativi all'alternativa  $j$  e al decisore  $i$ . In altri termini il decisore sceglie un'alternativa in base agli attributi propri di quella alternativa confrontandoli con quelli delle altre alternative disponibili.
- A causa di vari fattori, l'utilità associata dal generico decisore  $i$  all'alternativa  $j$  non è nota con certezza all'osservatore esterno (analista) che cerca di simulare il comportamento di scelta del decisore, e pertanto deve essere rappresentata con una variabile aleatoria.

Sulla base delle ipotesi precedenti non è possibile in generale prevedere con certezza quale alternativa sceglierà il generico decisore. E' invece possibile esprimere la probabilità che egli scelga l'alternativa  $j$  condizionata al suo insieme di scelta  $I^i$ ;

---

<sup>20</sup> Per una trattazione più completa ed esauriente si veda il capitolo terzo di Cascetta, Ennio. Modelli per i sistemi di trasporto: teoria e applicazioni. Torino: UTET università, 2006.

questa è la probabilità che tale alternativa abbia un'utilità percepita maggiore di tutte le altre alternative disponibili:

$$p^i[j/I^i] = \Pr[U_j^i > U_k^i \quad \forall k \neq j, k \in I^i] \quad (1)$$

L'utilità percepita  $U_j^i$  può essere espressa come la somma di due componenti: un'utilità sistematica e un residuo aleatorio. L'utilità sistematica  $V_j^i$  rappresenta la media o il valore atteso dell'utilità percepita tra tutti gli utenti con lo stesso contesto di scelta (alternative e relativi attributi) del decisore  $i$ . Il residuo aleatorio  $\varepsilon_j^i$  rappresenta lo scostamento dell'utilità percepita dall'utente  $i$  da tale valore e cattura gli effetti combinati dei vari fattori che introducono incertezza nella modellizzazione delle scelte:

$$U_j^i = V_j^i + \varepsilon_j^i \quad \forall j \in I^i \quad (2)$$

Sostituendo l'espressione (2) nella (1) si ha:

$$p^i[j/I^i] = \Pr[V_j^i - V_k^i > \varepsilon_k^i - \varepsilon_j^i \quad \forall k \neq j, k \in I^i] \quad (3)$$

Dalla (3) si evince che la probabilità di scelta di un'alternativa dipende dai valori delle utilità sistematiche di tutte le alternative concorrenti (disponibili), e dalla legge di distribuzione congiunta dei residui aleatori  $\varepsilon_j$ . I modelli di utilità aleatoria e le variabili relative possono essere rappresentati utilizzando una notazione vettoriale. Sia:

- $\mathbf{p}^i$ , il vettore delle probabilità di scelta, di dimensione  $(m_i \times 1)$ , con elementi  $p^i[j]$ ;
- $\mathbf{U}^i$ , il vettore dei valori di utilità percepita di dimensione  $(m_i \times 1)$ , con elementi  $U_j^i$ ;
- $\mathbf{V}^i$ , il vettore dei valori di utilità sistematica di dimensione  $(m_i \times 1)$ , con elementi  $V_j^i$ ;
- $\boldsymbol{\varepsilon}^i$ , il vettore dei residui aleatori, di dimensione  $(m_i \times 1)$ , con elementi  $\varepsilon_j^i$ ;
- $f(\boldsymbol{\varepsilon})$ , la funzione di densità di probabilità congiunta dei residui aleatori;
- $F(\boldsymbol{\varepsilon})$ , la funzione di distribuzione congiunta dei residui aleatori.

L'espressione (2) può quindi essere posta in forma vettoriale come:

$$\mathbf{U}^i = \mathbf{V}^i + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (4)$$

Il modello di scelta (3) è rappresentato da una mappa, detta mappa di scelta, che associa ad ogni vettore di utilità sistematiche  $\mathbf{V}^i$  un vettore di probabilità di scelta le cui componenti sono, per definizione di probabilità, comprese nell'intervallo  $[0,1]$ :

$$\mathbf{p}^i = \mathbf{p}^i(\mathbf{V}^i) \quad \forall \mathbf{V}^i \in E^m \quad (5)$$

dove  $E^m$  è lo spazio euclideo a  $m$  dimensioni.

Un modello di utilità aleatoria si dice invariante (o additivo) se né la forma né i parametri della funzione di densità di probabilità congiunta dei residui aleatori,  $f(\boldsymbol{\varepsilon})$ , dipendono dal vettore delle utilità sistematiche  $\mathbf{V}$ :

$$f(\boldsymbol{\varepsilon}/\mathbf{V}) = f(\boldsymbol{\varepsilon}) \quad \forall \boldsymbol{\varepsilon} \in E^m \quad (6)$$

Dall'espressione (3) risulta immediatamente che per i modelli invarianti le probabilità di scelta di ciascuna alternativa non variano se si aggiunge una costante  $V_0$  all'utilità sistematica di tutte le alternative:

$$p^i [j/I] = Pr[V_j^i + V_0 - V_k^i - V_0 > \varepsilon_k^i - \varepsilon_j^i] = Pr[V_j^i - V_k^i \geq \varepsilon_k^i - \varepsilon_j^i] \quad \forall k \neq j; j, k \in I \quad (7)$$

Dall'espressione precedente si deduce anche che per i modelli invarianti le probabilità di scelta dipendono dalle differenze tra l'utilità sistematica di ciascuna alternativa e quella di un'alternativa di riferimento, ovvero dalle cosiddette utilità sistematiche relative  $V_j - V_h$ .

L'utilità sistematica rappresenta la media dell'utilità percepita fra tutti gli individui che hanno gli stessi valori degli attributi; essa è espressa come una funzione  $V_j^i(\mathbf{X}_{kj}^i)$  di attributi  $X_{kj}^i$  relativi alle alternative e al decisore. Sebbene la funzione  $V_j^i(\mathbf{X}_j^i)$  possa essere di qualunque tipo, per ragioni di convenienza analitica di solito si assume che l'utilità sistematica  $V_j^i$  sia una funzione lineare nei coefficienti  $\beta_k$  degli attributi o di loro trasformazioni funzionali:

$$V_j^i(\mathbf{X}_j^i) = \sum_k \beta_k X_{kj}^i = \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{X}_j^i \quad (8)$$

$$V_j^i(\mathbf{X}_j^i) = \sum_k \beta_k f_k(X_{kj}^i) = \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{f}(\mathbf{X}_j^i) \quad (9)$$

Gli attributi contenuti nel vettore  $\mathbf{X}_j^i$  possono essere classificati in diversi modi. Si dicono attributi di livello di servizio quelli propri del servizio offerto dal sistema di trasporto (tempi, costi, frequenza dei servizi, confort ecc.), attributi del sistema di attività quelli dipendenti dall'uso del territorio dell'area di studio (ad es. numero di negozi o numero di scuole di una zona), attributi socio-economici quelli propri dell'utente o del suo nucleo familiare (possesso di patente, numero di autovetture possedute in famiglia ecc.).

Inoltre gli attributi di qualunque tipo possono essere generici, se inclusi con valori non nulli nell'utilità di più di una alternativa nella stessa forma e con lo stesso coefficiente  $\beta_k$ , o specifici, se valutati con forme funzionali o coefficienti diversi per diverse alternative. Nell'utilità sistematica della generica alternativa  $j$  viene di solito introdotta una variabile ombra che vale uno per l'alternativa  $j$  e zero per le altre; tale variabile viene denominata Attributo Specifico dell'Alternativa (ASA) o di "preferenza modale"<sup>21</sup> ed il suo coefficiente  $\beta$  Costante Specifica dell'Alternativa (CSA); tale costante rappresenta una sorta di "termine noto" dell'utilità sistematica e può essere visto come la differenza fra l'utilità media e quella spiegata dagli altri attributi  $X_{kj}^i$  utilizzati.

È possibile ottenere diverse forme funzionali dei modelli di utilità aleatoria assumendo diverse funzioni di distribuzione di probabilità congiunte per i residui aleatori.

### 3.2 Modelli tradizionali di utilità aleatoria

È il modello di utilità aleatoria più "semplice", esso si basa sull'ipotesi che i residui aleatori  $\epsilon_j$  relativi alle diverse alternative siano indipendentemente ed identicamente distribuiti (i.i.d) secondo una variabile aleatoria di Gumbel a media nulla e di

---

<sup>21</sup> Questa denominazione deriva dalle prime applicazioni dei modelli di utilità aleatoria che erano appunto, relative alla scelta fra diversi modi di trasporto.

parametro  $\theta$ . La funzione di distribuzione di probabilità marginale di ciascun residuo è dunque data da:

$$F_{\varepsilon_j}(x) = Pr[\varepsilon_j \leq x] = \exp[-\exp(-x/\theta - \Phi)] \quad (10)$$

Le utilità percepite  $U_j$ , somma di una costante  $V_j$  e della v.a.  $\varepsilon_j$ , sono anch'esse variabili aleatorie di Gumbel con funzione di distribuzione di probabilità, media e varianza fornite da:

$$F_{U_j}(U) = Pr[V_j + \varepsilon_j \leq U] = Pr[\varepsilon_j \leq U - V_j] = \exp[-\exp(-(U - V_j)/\theta - \Phi)] \quad (11)$$

La variabile di Gumbel gode di una importante proprietà detta di stabilità rispetto alla massimizzazione, ovvero il massimo di variabili di Gumbel indipendenti e di uguale parametro  $\theta$  è ancora una variabile di Gumbel di parametro  $\theta$ . In altri termini se le  $U_j$  sono variabili di Gumbel indipendenti di uguale parametro  $\theta$  e con medie diverse  $V_j$ , la variabile  $U_M$ :

$$U_M = \max_j \{U_j\} \quad (12)$$

è ancora una variabile di Gumbel con parametro  $\theta$  e media  $V_M$

La stabilità rispetto alla massimizzazione fa sì che la variabile di Gumbel sia un'ipotesi particolarmente conveniente per la distribuzione dei residui nei modelli di utilità aleatoria, in quanto questi esprimono la probabilità di scelta di un'alternativa come la probabilità che l'utilità percepita per tale alternativa sia la massima fra quelle relative a tutte le alternative disponibili. Infatti, nelle ipotesi fatte, la probabilità di scegliere l'alternativa  $j$  fra quelle disponibili  $(1, 2, \dots, m) \in I$  fornita dalla (3.2.1) può essere espressa<sup>22</sup> in forma chiusa come:

$$p[j] = \frac{\exp(V_j/\theta)}{\sum_{k=1}^m \exp(V_k/\theta)} \quad (13)$$

L'espressione (13) definisce il modello Logit Multinomiale (MNL), che è il più semplice e fra i più utilizzati modelli di utilità aleatoria.

Il modello MNL è la opzione naturale per i contesti di scelta che non presentano combinazioni di dimensioni di scelta e/o nei quali non si ipotizza una esplicita struttura gerarchica. Esso, infatti, non consente di tenere conto dell'influenza della/e dimensione/i di scelta gerarchicamente inferiori e le possibili correlazioni tra le utilità delle alternative soggiacenti ad una alternativa gerarchicamente superiore. Non si deve, infine, dimenticare che è un modello omoschedastico, ovvero le utilità percepite sono variabili aleatorie identicamente distribuite e dunque con eguale varianza.

Quando la scelta si presenta con similitudini tra le alternative e/o con una struttura gerarchica, il modello Nested Logit (NL) consente di superare i limiti del MNL, a parte l'omoschedasticità, in quanto simula esplicitamente la struttura gerarchica del processo decisionale, le correlazioni, ove esistano, tra le utilità percepite delle alternative di scelta appartenenti a dimensioni gerarchicamente inferiori, l'influenza di dimensioni decisionali inferiori sulle dimensioni superiori mediante la variabile di soddisfazione.

Una modellazione più complessa è quella del Mixed Logit (MXL). Il modello MXL è un modello eteroschedastico e consente di simulare contesti di scelta multi-dimensionali riproducendo strutture di correlazione qualsiasi senza ipotizzare alcuna struttura gerarchica del processo di scelta. Il modello MXL ipotizza che ciascun coefficiente (o variabile) della utilità sistematica può essere distribuito secondo differenti funzioni di densità di probabilità. In questo modo consente una migliore interpretazione del fenomeno in quanto stima la media e la varianza dei coefficienti della funzione di utilità sistematica e, pertanto, varianze e covarianze tra le utilità percepite di ciascuna alternativa. È bene, infine, chiarire che la maggiore flessibilità è pagata dalla impossibilità di determinare le probabilità di scelta in forma chiusa e, dunque, dalla necessità di ricorrere a metodi di simulazione per la sua applicazione.

### 3.3 Modelli ibridi a variabili latenti

I modelli di scelta discreti, tradizionalmente, presentano un processo di scelta individuale come scatola nera, in cui gli input sono gli attributi delle alternative disponibili e delle caratteristiche dei decisori, e gli output sono le scelte osservate. I modelli collegano direttamente gli input osservati agli output osservati, assumendo quindi che il funzionamento interno della scatola nera sia implicitamente definito dal modello. Ad esempio, i modelli di scelta discreta derivanti dalla teoria di utilità casuale non modellano esplicitamente la formazione delle attitudini e delle percezioni.

Prima di cominciare la trattazione dei modelli è bene sottolineare che si è seguita la convenzione di rappresentare con le ellissi le variabili latenti (non osservabili) mentre con i rettangoli le variabili osservabili. Le frecce continue indicano i collegamenti (equazioni) strutturali (relazioni di causa-effetto) e le frecce tratteggiate rappresentano le equazioni di misura (le relazioni tra indicatori osservabili e le variabili latenti sottostanti).

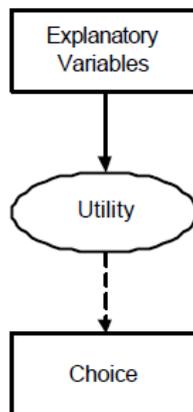


Fig. 14 Modello "classico" di utilità aleatoria

Com'è noto, il dibattito circa la validità delle ipotesi della teoria dell'utilità è molto acceso e non pochi ricercatori hanno sottolineato l'importanza dei meccanismi cognitivi all'interno del processo decisionale rappresentato tipicamente come una black box. Una grande quantità di studi effettuati sul comportamento dei decisori

hanno dimostrato al contrario l'importanza di prendere in considerazione esplicitamente le attività cognitive che si sviluppano all'interno della scatola nera, in quanto influenzerebbero in maniera determinante il processo che porta alla scelta finale (si veda, ad esempio, Abelson e Levy, 1985 e Olson e Zanna, 1993). Tali ricerche hanno inoltre rilevato una grande quantità di anomalie cognitive che violano gli assiomi di base della teoria dell'utilità.

McFadden (1999) sostiene che "la maggior parte delle anomalie cognitive operano attraverso errori nella percezione che nascono dal modo attraverso il quale le informazioni vengono memorizzate, recuperate e trasformate". McFadden afferma inoltre che "lo studio empirico del comportamento economico trarrebbe vantaggio qualora si prestasse maggiore attenzione al modo attraverso il quale si formano le percezioni e come queste influenzano il processo decisionale".

Per affrontare tali questioni, i ricercatori hanno lavorato per arricchire i modelli di scelta modellando le funzioni cognitive all'interno della scatola nera, inclusa l'esplicita incorporazione di fattori quali attitudini e percezioni.

La percezione è il processo psichico che opera la sintesi dei dati sensoriali in forme dotate di significato, mentre le attitudini sono state definite come le tendenze psicologiche stabili di un individuo volte a giudicare con favore o meno delle date entità (McFadden, 1999).

Le attitudini e la personalità rappresentano i fattori più importanti che determinano le motivazioni e la struttura cognitiva del decisore. Esse influenzano anche le percezioni e possono ricevere feedback dal processo di scelta. Le attitudini si formano con il tempo e sono affette dall'esperienza e da fattori esterni che comprendono a loro volta le caratteristiche socio-economiche. Le attitudini possono rappresentare qualsiasi caratteristica latente del decisore e quindi incorporare concetti come la memoria, la consapevolezza, i gusti, gli obiettivi e le capacità (Walker, 2001).

A partire da questi presupposti si sono sviluppati i primi lavori sui modelli che hanno confermato l'estrema importanza del trattamento esplicito dei fattori psicologici come fattori chiave nel processo decisionale (Koppelman e Hauser, 1978;

McFadden, 1986; Ben-Akiva e Boccara, 1987; Ben-Akiva, 1992; Ben-Akiva *et al.*, 1994; Morikawa *et al.*, 1996; McFadden, 2000; Ben-Akiva *et al.*, 2002; Walker, 2001; Gärling e Axhausen, 2003; Bonsall, *et al.*, 2007). Tali fattori non quantificabili né direttamente osservabili, sono intangibili in quanto non hanno una scala di misura (persone diverse percepiscono in modo diverso) pertanto vengono trattati come variabili latenti.

Lo studio dell'effetto delle attitudini e della personalità sulle scelte trasportistiche ha avuto un'importante accelerazione a seguito degli sviluppi nel campo della modellazione ibrida delle scelte discrete con l'introduzione di variabili latenti. Dell'ambito dell'ingegneria dei trasporti i ricercatori hanno utilizzato diverse tecniche con l'obiettivo di acquisire esplicitamente i fattori psicologici nei modelli di scelta (Cherchi 2012).

Nella maggior parte delle applicazioni vengono utilizzati modelli di equazioni strutturali (SEM) o modelli discreti con variabili latenti incorporate.

Una rassegna di questi lavori è riportata da Golob (2003). Gli studi riguardano l'attitudine alla carpooling (Golob *et al.*, 1997), politiche ecocompatibili (Golob e Hensher, 1998, Sakano e Benjamin, 2000), sostegno finanziario per il trasporto pubblico (Levine *et al.*, 1999) equità e violazione della libertà personale (Jakobsson *et al.*, 2000) e collocazione residenziale (Choocharukul *et al.*, 2008; Scheiner e Holz-Rau, 2007).

Choo e Mokhtarian (2004) hanno utilizzato l'analisi fattoriale per individuare le variabili che rappresentano le attitudini, la personalità e lo stile di vita, mentre Domarchi *et al.* (2008) hanno incluso le attitudini e valutazioni affettive come variabili esplicative attraverso variabili fittizie. Come riportato da Walker (2001), queste variabili montate contengono errori di misura e per ottenere stime coerenti la probabilità di scelta deve essere integrata sulla distribuzione delle variabili latenti, dove la distribuzione dei fattori è ottenuta dal modello di analisi fattoriale.

Oggi, l'approccio consigliato per incorporare le attitudini e le percezioni nel modello di scelta discreto è il modello a variabili latenti in cui i fattori latenti e le scelte discrete vengono stimati congiuntamente, in sequenza o simultaneamente.

L'inclusione di elementi soggettivi in modelli a scelta discreta è stata oggetto di discussione fin dall'inizio degli anni '80 (Ortúzar e Hutt, 1984; McFadden, 1986). Tuttavia, i modelli a variabili latenti si sono diffusi tra i ricercatori molto più tardi con il lavoro di Walker (2001), che ha presentato un framework generale e una metodologia per incorporare le variabili latenti in modelli di scelta attraverso l'integrazione delle scelte, delle variabili latenti e attraverso l'uso di dati psicometrici. Walker (2001) ha discusso due applicazioni in un contesto trasportistico. Nella prima, basata sul lavoro di Morikawa et al. (1996), l'autore calibra un modello di scelta tra l'automobile e il treno e incorpora due variabili latenti, il confort di guida e la comodità. Nel secondo esempio, riferito al lavoro di Polydoropoulou (1997), si stima un modello più complesso che coinvolge più variabili latenti e unisce un set di dati RP con due set di dati SP. In entrambi gli esempi gli attributi latenti risultano significativi e la loro inclusione ha porta ad un notevole miglioramento nella qualità dei risultati.

Bolduc et al., (2005) hanno rappresentano il primo esempio di analisi e implementazione di una situazione caratterizzata da un gran numero di variabili latenti e un gran numero di scelte e hanno trattato il problema di stima legato alla complessità degli integrali multidimensioni.

Vredin Johansson et al., (2006) hanno studiato l'effetto di cinque variabili latenti (confort, sicurezza, flessibilità, convenienza e consapevolezza ambientale) su una tipica scelta modale tra autobus, auto e treno. A differenza degli studi precedenti, i ricercatori hanno usato variabili latenti specifiche dell'individuo, non del modo, per spiegare la scelta, il che significa che non costruiscono variabili latenti per le modalità non scelte al fine di evitare problemi di endogeneità. In linea con tutti i precedenti risultati, questa applicazione ha confermato che le variabili latenti sono infatti un elemento cruciale per spiegare la modalità scelta, anche se, nel loro studio, solo la consapevolezza ambientale, il confort e la flessibilità sono risultate essere significative.

Dannewald et al., (2007) suggeriscono quali aspetti importanti da considerare, per determinare le attitudini nei confronti della scelta del modo, il confort/convenienza,

la flessibilità e la sicurezza. Essi hanno proposto un modello di scelta ibrido gerarchico in cui i valori degli intervistati (il potere, l'edonismo e la sicurezza) determinano i singoli criteri di scelta (la flessibilità, il possesso, la passività, e la tutela ambientale), che a loro volta influenzano la scelta del modo di viaggio.

Vásquez Lavín e Hanemann (2008) hanno studiato come le informazioni psicometriche possono aiutare a caratterizzare la distribuzione delle preferenze tra gli individui.

In ambito aeroportuale si ricorda il lavoro di Tam et al 2010 che hanno introdotto nel modello di scelta del modo di accesso all'aeroporto di Hong Kong, la soddisfazione relativa alla qualità del servizio percepito. Il valore dei parametri del modello sono stati ottenuti mediante stima sequenziale.

Alcuni lavori affrontano il problema dell'individuazione del metodo di stima (sequenziale o simultaneo) più adeguato.

Ben-Akiva et al. (2002b) sostengono che l'approccio sequenziale dovrebbe portare a stimatori più efficienti dei parametri coinvolti, mentre Bolduc et al. (2008) hanno dimostrato che, sebbene la stima simultanea dei modelli ibridi richieda la valutazione di complessi integrali multidimensionali, fornisce una stimatore non distorto e consistente.

Raveau et al. (2010) hanno effettuato un'analisi critica dei risultati ottenuti dall'applicazione empirica dei metodi sequenziali e simultanei. Essi hanno scoperto che entrambi i metodi sono non distorti e portano a stimatori non statisticamente diversi; tuttavia, si ottengono stime puntuali abbastanza diverse quando si calcola il valore del tempo di viaggio. I ricercatori hanno suggerito che l'approccio simultaneo dovrebbe essere preferito, anche se il metodo è più complesso e la mancanza di software commerciali disponibili potrebbe rendere difficile la sua diffusione come metodo di stima.

Uno dei problemi dei modelli a variabili latenti è che le attitudini degli individui non sono facilmente prevedibili.

Walker (2001) ha avvertito che per applicazioni specifiche sarebbe utile anche effettuare test di convalida, confrontando i risultati ottenuti con quelli ricavati dall'applicazione di formulazioni più semplici formulazioni.

### 3.3.1 **Struttura del processo di scelta**

Arricchire i tradizionali modelli di scelta con aspetti psicologici ha l'obiettivo di ottenere una rappresentazione del processo di scelta più attinente alla realtà. La rappresentazione del processo di scelta può intendersi come la soluzione del problema decisionale.

Come nei tradizionali modelli di utilità casuale, le preferenze di un individuo, ovvero i giudizi comparativi tra entità cui il decisore fa ricorso per ordinare le alternative ed effettuare una scelta, sono misurate mediante una variabile latente detta utilità. A differenza dei modelli classici però, nei modelli a variabili latenti, si fa l'ipotesi che le preferenze siano influenzate, oltre che degli attributi dell'alternativa e da fattori socio-economici del decisore, anche da fattori psicologici quali percezioni e attitudini che, a loro volta, sono fattori non direttamente misurabili e pertanto rappresentano dei costrutti latenti.

Le percezioni rappresentano la stima o una misura del valore che gli individui associano ai livelli degli attributi delle alternative, mentre le attitudini riflettono l'atteggiamento, i valori, i gusti e le capacità dei singoli individui.

Con l'introduzione esplicita delle percezioni e delle attitudini, attraverso variabili latenti, è possibile spiegare parte della componente stocastica della funzione di utilità percepita.

Per poter stimare in un modello matematico gli effetti latenti, è indispensabile poter misurare le variabili che li determinano.

Nel caso dell'utilità, ipotizzando un paradigma interpretativo che giustifica le scelte dei decisori come frutto di un processo cognitivo volto alla massimizzazione dell'utilità stessa, essa si manifesta nelle scelte, dichiarate o effettuate, dai decisori.

In maniera analoga, nei modelli a variabili latenti, per identificare i fattori psicologici latenti, è necessario disporre di dati che consentano di stimare il loro effetto o la loro

manifestazione. Quindi mentre per la variabile utilità il set di dati attraverso i quali essa si manifesta è rappresentato dalle preferenze dei decisori, per i costrutti latenti vengono usati degli indicatori psicometrici che misurano il livello di accordo o disaccordo di ogni intervistato rispetto a determinate affermazioni (che consentono di individuare un atteggiamento, una preferenza etc.)

La variabile latente è generalmente funzione delle caratteristiche socio-economiche della persona, pertanto gli indicatori psicometrici consentono di catturare l'eterogeneità delle preferenze degli utenti.

#### 3.3.1.1 Modello integrato

Il modello integrato consiste dunque di due componenti, un modello di scelta e un modello di variabile latente.

Come ogni modello di utilità aleatoria, l'utilità individuale  $U$  per ogni alternativa è considerata una variabile latente e le scelte osservate sono manifestazioni che sottendono a quest'utilità. Le variabili osservabili che sono manifestazione di costrutti latenti vengono detti indicatori.

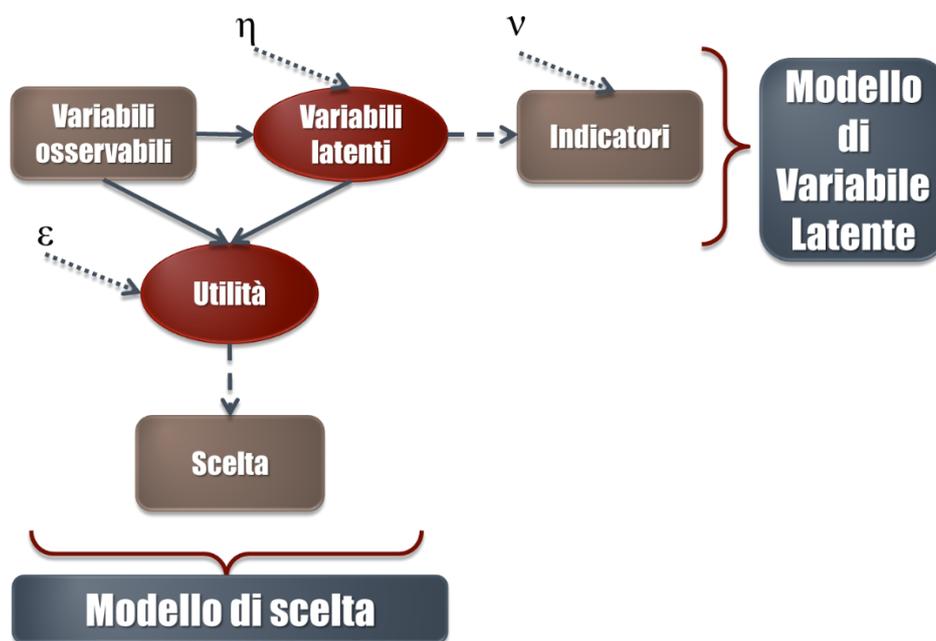


Fig. 15 Modello integrato

Come possiamo notare dallo schema il modello è costituito da due parti fondamentali:

- le note relazioni sull'utilità percepita con variabili esplicative (osservate e latenti), relative al decisore e alle alternative, ed indicatori di scelta che rivelano le preferenze dei decisori;
- le equazioni strutturali che esprimono il ruolo delle caratteristiche dei decisori (variabili socio-economiche) nelle dinamiche interiori che formano le variabili latenti. Inoltre, sono presenti relazioni tra i fattori latenti e gli indicatori di percezione che ne forniscono una manifestazione, in quanto derivano da risposte a quesiti volti a far emergere conoscenze, valori, percezioni degli utenti intervistati.

È possibile identificare un modello di scelta con un numero finito di variabili latenti utilizzando solamente le scelte osservate e nessun altro indicatore addizionale (Elrod 1997). Tuttavia è molto probabile che il contenuto informativo degli indicatori di

scelta non sarà sufficiente per identificare empiricamente gli effetti delle variabili latenti. Pertanto gli indicatori vengono esplicitamente introdotti all'interno del modello integrato. Gli indicatori potrebbero essere le risposte alle domande dell'indagine in merito, ad esempio, al livello di soddisfazione o di importanza legato ad alcuni attributi. Mentre i costrutti latenti non sono osservabili, i loro effetti sugli indicatori sono osservabili, pertanto gli indicatori permettono l'identificazione di tali costrutti latenti.

Si noti che gli indicatori non hanno una relazione causale che influenza il comportamento. Cioè, la freccia va dalla variabile latente all'indicatore, e gli indicatori sono utilizzati solo a supporto per la misurazione dei rapporti causali (le frecce continue).

Per il modello di variabile latente si necessita della distribuzione di probabilità  $f_1(X^*|X; \gamma, \Sigma_\eta)$  delle variabili latenti individuate:

$$X^* = h(X; \gamma) + \eta \text{ con } \eta \sim D(0, \Sigma_\eta) \quad (14)$$

Dove con:

- $X^*$  si è indicato la generica variabile latente;
- $X$  la variabile osservabile;
- $\gamma$  il parametro incognito;
- $\Sigma_\eta$  matrice di varianza-covarianza del termine aleatorio  $\eta$ ;
- $D$  la generica distribuzione di probabilità.

Nel modello avremo una di queste equazioni strutturali per ogni variabile latente.

Per il modello di scelta è necessario conoscere la distribuzione di probabilità dell'utilità  $f_2(U|X, X^*; \beta, \Sigma_\varepsilon)$ :

$$U = V(X, X^*; \beta) + \varepsilon \text{ con } \varepsilon \sim D(0, \Sigma_\varepsilon) \quad (15)$$

Per il modello di variabile latente è necessario definire anche la distribuzione  $f_3(I|X, X^*; \alpha, \Sigma_v)$  degli indicatori:

$$I = g(X, X^*; \alpha) + v \quad \text{con } v \sim D(0, \Sigma_v) \quad (16)$$

Quest'equazione di misura in generale contiene solo variabili latenti al lato destro. In ogni caso potrebbe contenere anche caratteristiche socio-economiche del decisore o altri indicatori.

Per il modello di scelta l'indicatore è rappresentato dal vettore delle scelte effettuate dal decisore  $i$ . Si ha dunque:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{se } U_i = \max\{U_j\} \\ 0, & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (17)$$

È bene notare che le funzioni  $h(\cdot)$ ,  $V(\cdot)$  e  $g(\cdot)$  non sono definite, anche se tipicamente sono di tipo lineare, ma non necessariamente. Rimane inoltre da definire la distribuzione di probabilità dei residui aleatori nonché le matrici di varianza-covarianza.

Dalle equazioni (2) e (4), facendo un'assunzione circa la distribuzione di  $\varepsilon$ , possiamo derivare la probabilità di scelta condizionata sia dalle variabili latenti che da quelle osservabili  $P(y|X, X^*; \beta, \Sigma_\varepsilon)$ .

Utilizzando la tecnica di massimizzazione della verosimiglianza possiamo stimare i parametri incogniti. Il modo più intuitivo per creare una funzione di verosimiglianza per il modello integrato è quello di partire con la verosimiglianza del modello di scelta senza variabili latenti:

$$P(y|X; \beta, \Sigma_\varepsilon) \quad (18)$$

La forma del modello può essere qualsiasi (logit N-logit, probit, etc.)

Adesso vengono aggiunte le variabili latenti. Una volta ipotizzato un costrutto latente incognito  $X^*$ , la sua funzione di verosimiglianza è pari all'integrale del modello di scelta sopra la distribuzione del costrutto latente:

$$P(y|X; \beta, \gamma, \Sigma_\varepsilon, \Sigma_\eta) = \int_{X^*} P(y|X, X^*; \beta, \Sigma_\varepsilon) f_1(X^*|X; \gamma, \Sigma_\eta) dX^* \quad (19)$$

Introducendo gli indicatori per implementare l'accuratezza della stima e assumendo che le componenti di errore ( $\varepsilon$ ,  $\eta$ ,  $\nu$ ) siano indipendenti, la funzione di densità congiunta delle variabili osservabili  $y_i$  e  $I$ , condizionata dalle variabili endogene  $X$  è pari a:

$$f_4(y, I|X; \alpha, \beta, \gamma, \Sigma_\varepsilon, \Sigma_\nu, \Sigma_\eta) = \int_{X^*} P(y|X, X^*; \beta, \Sigma_\varepsilon) f_3(I|X, X^*; \alpha, \Sigma_\nu) f_1(X^*|X; \gamma, \Sigma_\eta) dX^* \quad (20)$$

La forma delle variabili (discrete o continue) e le assunzioni circa i termini di errore dell'equazioni strutturali e di misura determinano la forma della funzione di verosimiglianza. Frequentemente si assumono forme funzionali lineari nei parametri e termini di disturbo con una distribuzione normale o GEV.

La stima del Modello con Variabili Latenti può essere effettuata mediante l'utilizzo di due differenti metodologie:

- stima sequenziale: le variabili latenti sono stimate separatamente ed incluse nel modello di scelta discreta come variabili esogene.
- stima simultanea: le variabili latenti sono stimate congiuntamente al modello di scelta.

La stima dei parametri mediante massimizzazione della funzione di verosimiglianza, consiste nel ricercare quei valori di  $\alpha, \beta, \gamma, \Sigma$  tali che:

$$\alpha, \beta, \gamma, \Sigma = \operatorname{argmax} \left( \sum_{n=1}^N \ln(f_4(y, I|X; \alpha, \beta, \gamma, \Sigma_\varepsilon, \Sigma_\nu, \Sigma_\eta)) \right) \quad (21)$$

### 3.3.2 Gli indicatori

Gli indicatori psicometrici che rivelano variabili latenti associate ad attitudini e percezioni sono codificati, nella maggioranza dei casi, usando una scala Likert (Likert, 1932). Supponiamo che un dato indicatore possa assumere valori  $j_1, j_2, \dots, j_M$  in funzione del peso della variabile latente  $X^*$  ad esso associata. Possiamo scrivere:

$$I = \begin{cases} j_1 \text{ se } X^* < \tau_1 \\ j_2 \text{ se } \tau_1 \leq X^* < \tau_2 \\ \vdots \\ j_i \text{ se } \tau_{i-1} \leq X^* < \tau_i \\ \vdots \\ j_M \text{ se } \tau_{M-1} \leq X^* \end{cases} \quad (22)$$

$\tau_1, \dots, \tau_{M-1}$  sono parametri che vanno stimati con:

$$\tau_1 \leq \tau_2 \leq \dots \leq \tau_i \leq \dots \leq \tau_{M-1} \quad (23)$$

La probabilità di avere il responso  $j_i$  è pari a:

$$\Pr(j_i) = \Pr(\tau_{i-1} \leq X^* < \tau_i) = F_{\varepsilon^m}(\tau_i) - F_{\varepsilon^m}(\tau_{i-1}) \quad (24)$$

Dove  $F_{\varepsilon^m}$  è la funzione di distribuzione cumulata del termine di errore  $\varepsilon^m$

La scala Likert, come proposta da Likert nel 1932, prevedeva 5 (M=5) livelli:

1. Forte approvazione
2. Approvazione
3. Indeciso
4. Disapprovazione
5. Forte Disapprovazione

Sebbene non sia formalmente corretto è possibile fare l'ipotesi che l'indicatore fornito dal rispondente sia continuo.

## 4 Modellazione della reazione all'informazione

Com'è stato messo in evidenza nei paragrafi relativi allo studio dello stato dell'arte, c'è una forte tendenza/esigenza dei gestori dei terminal aeroportuali a voler/dover incrementare i profitti derivanti da attività non aeronautiche presenti all'interno dell'aerostazione. A questo si aggiunge la necessità di una più efficiente gestione del processo di imbarco e sbarco dei passeggeri (riducendo i tempi in coda) e un miglioramento della passenger experience.

Uno dei modi per ottenere questi risultati è quello di riuscire ad influenzare i comportamenti dei passeggeri in un'ottica di ottimo di sistema.

L'informazione può rappresentare un efficace strumento per modificare la condotta dei passeggeri e, sulla base di questa ipotesi, è stata progettata e realizzata un'apposita indagine per misurare l'impatto di particolari input informativi, veicolati mediante dispositivi mobili, sui comportamenti dei passeggeri.

I dati ottenuti dall'indagine sono stati utilizzati per la specificazione e calibrazione di alcuni modelli decisionali per individuare i fattori che influenzano la scelta.

I modelli di scelta fanno riferimento alla disponibilità dei passeggeri a rimandare il check-in o i controlli di sicurezza a valle di un certo messaggio informativo relativo ai tempi in coda previsti per espletare una data operazione in funzione della fase di spostamento considerata.

L'informazione sui tempi in coda rappresenta solo una di tre tipologie di informazione fornite all'utenza (le altre sono informazioni di wayfinding e informazioni commerciali). Tuttavia, come si vedrà di seguito, dall'analisi descrittiva delle risposte del campione è emerso che il contributo delle altre informazioni è trascurabile rispetto al peso della prima informazione, per tanto il focus della ricerca si è incentrato unicamente sull'impatto di questo tipo di informazione sul comportamento dei passeggeri.

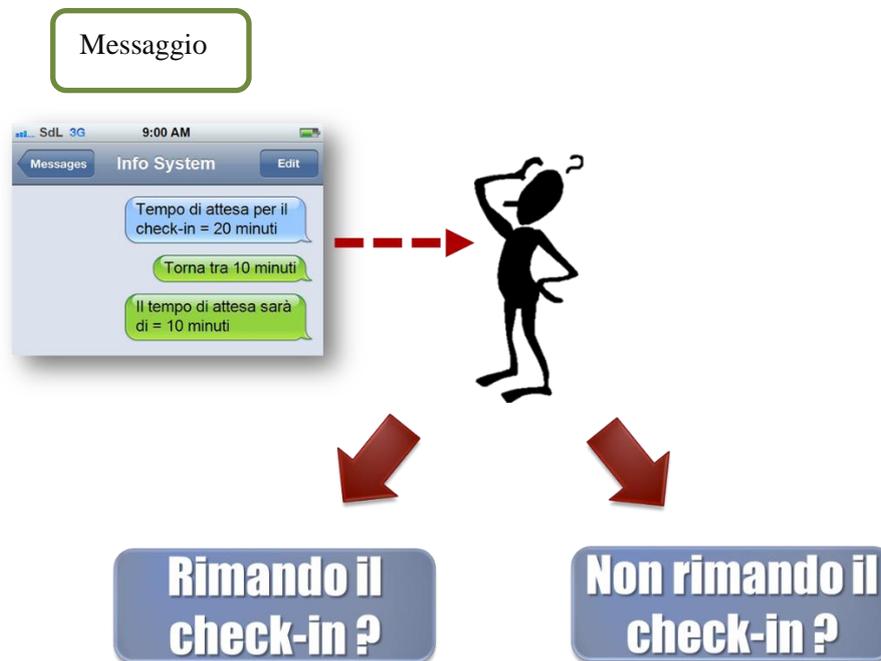


Fig. 16 Schema decisionale

I modelli di scelta utilizzati per l'analisi dei determinanti, derivanti dalla teoria dell'utilità aleatoria, sono di due tipi:

1. Logit binomiale
2. Logit binomiale con variabile latente.

Come già accennato, i modelli ibridi a variabili latenti rappresentano una classe di modelli avanzati, capaci di tener conto di quei fattori non direttamente misurabili, ma che comunque si ritengono in grado di incidere sul processo di scelta. La scelta di specificare due modelli nasce da un lato dalla necessità di utilizzare uno strumento matematico di comprovata affidabilità e dall'altro, come sottolineato anche da Walker (2001), di testare l'efficacia di strumenti più avanzati rispetto a formulazioni più semplici.

## **4.1 Progettazione dell'indagine sui bisogni informativi**

Nell'attuale contesto socio-economico, il paradigma classico che prevede di rispondere ad un incremento di domanda con la realizzazione di nuove opere infrastrutturali (e.g. nuove aree terminal, aree parking, banchi check-in, ecc.) è un modello che sempre meno può essere adottato per le elevate risorse economiche che vengono richieste e per le possibili limitazioni logistiche.

Uno degli aspetti, qui proposti, per migliorare l'efficientamento dell'infrastruttura aeroportuale è quello di fornire all'utenza, il più possibile monitorata all'interno del terminal, un'informazione utile, dettagliata e contestualizzata.

Quello di fornire informazione all'utenza, a valle, o meno, di un monitoraggio dei flussi, può rappresentare un prezioso strumento per ridurre gli impatti negativi legati alla congestione del sistema di movimentazione interno e aumentare il confort del passeggero. Infatti il sistema informativo immaginato essendo in grado di fornire informazioni in real-time all'utenza, mediante diversi canali di comunicazione (smartphone, directory interattive, chioschi informativi, etc.), potrebbe consigliare itinerari alternativi per evitare code o attività che possono essere intraprese per intrattenersi in aeroporto.

Il primo passo è dunque quello di individuare i bisogni informativi dell'utenza nelle diverse fasi dello spostamento: da un'origine (e.g. casa, albergo) fino all'imbarco.

A tal proposito è stato elaborato un questionario per saggiare la sensibilità, le priorità e i canali di comunicazione preferiti da un campione di indagine, classificato sulla base di alcuni parametri socio-economici.

## **4.2 Struttura dell'indagine**

Il questionario redatto dal gruppo di ricerca del laboratorio di analisi dei sistemi di trasporto dell'Università degli Studi di Salerno, con il nome di "SMART AIRPORTS? QUALI COMPORTAMENTI E QUALI LE ESIGENZE INFORMATIVE?", si pone obiettivo di indagare le diverse esigenze informative che

accompagnano il passeggero del suo viaggio da casa fino al momento dell'imbarco. A tal proposito sono stati di grande aiuto i lavori di Zografos et al (2009), in merito al progetto e alla valutazione di un sistema informativo on line per offrire servizi personalizzati per la pianificazione di spostamenti multimodali attraverso l'integrazione di tecnologie wireless e di comunicazione web-based, e i lavori di Zografos et al (2010), in merito all'identificazione dei requisiti dell'informazione da fornire ai passeggeri.

L'indagine si compone di due sezioni principali. Nella prima sezione vengono riportate le caratteristiche socio-economiche dei rispondenti e nella seconda si indagano i comportamenti e le preferenze informative degli utenti nelle diverse fasi dello spostamento. Sono state individuate 4 fasi:

1. Fase di spostamento Casa – Aeroporto (Ingresso);
2. Fase di spostamento Ingresso – Check-in;
3. Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza;
4. Fase di spostamento Controlli di sicurezza – Gate;

In ogni fase di spostamento viene ipotizzato l'intervento del sistema informativo (S.I) e viene "misurata" la risposta dei passeggeri.

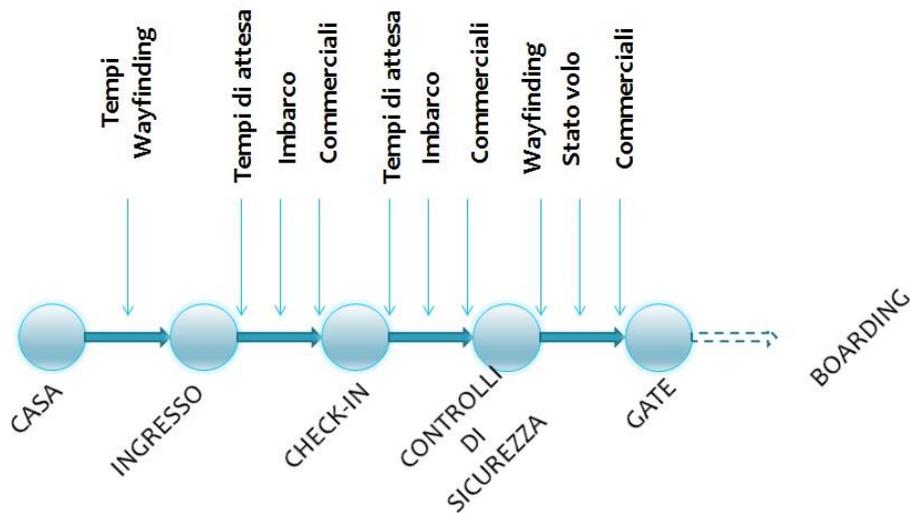


Fig. 17 Schema delle info fornite all'utente dal S.I. nelle diverse fasi dello spostamento

#### 4.2.1 Informazioni preliminari e socio-economiche

In questa prima parte del questionario è stata indagata la condizione socio-economica del rispondente: vengono chieste informazioni personali (genere, età, condizione professionale, livello di istruzione, etc.) e informazioni relative all'uso delle nuove tecnologie, con particolare riferimento all'uso dei dispositivi mobili. In questa fase si cerca di indagare il feeling dell'utente nei confronti delle nuove tecnologie e delle modalità di utilizzo delle stesse. Questa sezione si completa con la richiesta di informazioni inerenti gli spostamenti in aereo che il rispondente effettua in termini di quantità annua di voli, motivo dello spostamento, compagnia utilizzata, entità dei bagagli e con l'invito a specificare le caratteristiche che egli ritiene rilevanti nella scelta dell'aeroporto di partenza.

#### 4.2.2 Fase di spostamento Casa – Aeroporto (Ingresso)

In merito alla prima fase dello spostamento dell'utente, ovvero da casa fino al terminal aeroportuale, sono state innanzi tutto richieste informazioni sui modi di trasporto utilizzati e sulle esigenze informative avvertite in fase pre-trip. In questa

sezione incontriamo i primi punti di diversione, ovvero quelle particolare fasi dello spostamento dove si esplicano le decisioni del viaggiatore.

In questa fase si indagano le motivazioni, che spingono un utente a presentarsi in aeroporto in anticipo rispetto all'orario consigliato, differenziando l'aeroporto in aeroporto usualmente utilizzato e aeroporto raramente utilizzato. Viene ipotizzato che tali motivazioni possano essere legate sia alla non conoscenza o parziale conoscenza dei tempi necessari per raggiungere il terminal (tempo di accesso), sia alla non precisa consapevolezza delle modalità di svolgimento delle operazioni per l'imbarco e del grado di congestione interna al terminal. Si vuole dunque valutare se ad una diminuzione del grado di incertezza sulle operazioni sopra menzionate corrisponde un desiderio di arrivo con di minor anticipo al terminal da parte dell'utenza. Quest'aspetto dell'indagine è di particolare rilevanza, infatti se si riuscissero ad influenzare i comportamenti dei viaggiatori in arrivo all'aeroporto si potrebbe regolarizzare il flusso in ingresso e ciò permetterebbe di ridurre i picchi orari e quindi potenziali condizioni di sovrasaturazione. Indicazioni a tal riguardo fornirebbero importanti contributi sia dal lato della gestione dell'utenza sia dal lato della progettazione architettonica degli ambienti, il quale dimensionamento è fortemente condizionato dall'andamento dei flussi degli utenti.

In questa fase il sistema fornisce informazioni su:

- tempi per raggiungere l'aeroporto con un dato mezzo di trasporto e in una data fascia oraria;
- eventuali indicazioni stradali per raggiungere l'aeroporto (Wayfinding).

#### 4.2.3 Fase di spostamento Ingresso – Check-in

È nella fase di spostamento che immediatamente precede il check-in che il S.I. può ricoprire un ruolo importante in quanto potenziale strumento per evitare tempi di attesa in coda eccessivamente lunghi e indirizzare i passeggeri verso le attività commerciali presenti nel terminal. Si vuole qui analizzare quanto effettivamente la presenza di un S.I., in grado di fornire informazioni contestualizzate spazialmente e temporalmente, sia capace di influenzare le scelte degli utenti o fornisca loro

preziose informazioni per indirizzare al meglio lo shopping aeroportuale. Tale sezione si apre con un set di domande atte ad indagare le modalità di check-in più largamente utilizzate dell'utente e il peso dei diversi bisogni informativi che egli può avvertire. In seguito viene indagata la tendenza dei passeggeri a rimandare le operazioni di check-in a valle delle indicazioni del sistema informativo.

Il questionario è costruito in maniera tale che se il passeggero dichiara di non voler rimandare il check-in a valle della prima informazione sui tempi di attesa viene fornita la seconda informazione sui tempi di imbarco e dunque se persiste nella sua scelta viene fornita la terza informazione sui servizi commerciali



Fig. 18 Flow chart - Fase di spostamento Ingresso – Check-In

Le domande sono state accompagnate da apposite immagini che richiamano il layout delle più comuni app di messaggistica



Fig. 19 Layout grafico dell'informazione fornita dal S.I

In merito alle informazioni sui tempi di attesa sono stati individuati tre intervalli temporali:

- $t_q$ . Tempo previsto di attesa in coda allo stato attuale
- $t_{info}$ . Tempo suggerito per recarsi allo sportello (stazione di sicurezza)
- $t_w$ . Tempo previsto di attesa in coda a valle di  $t_{info}$

Facendo variare il valore di questi tre attributi sono stati redatti 9 scenari differenti.

Si è proceduto poi alla segmentazione del campione in **due gruppi**.

- nel gruppo 1 (chi pareggia) rientrano quegli scenari per i quali il S.I. prospetta una riduzione del tempo in coda senza un aumento del tempo necessario per espletare una data operazione. ( $t_w + t_{info} = t_q$ );
- nel gruppo 2 (chi perde) gli utenti pagano la riduzione del tempo speso in coda con un aumento complessivo del tempo totale per espletare una data operazione (tempo di fase)  $t_w + t_{info} > t_q$ .

#### 4.2.4 Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza

Questa fase, così com'è strutturata, ricalca la precedente e si pone gli stessi scopi indagativi: studiare la disponibilità degli utenti a non effettuare subito in controlli di sicurezza qualora esistesse in S.I che fornisca loro informazioni sui tempi per effettuare i suddetti controlli, info relative ai tempi per raggiungere il gate e infine info commerciali.

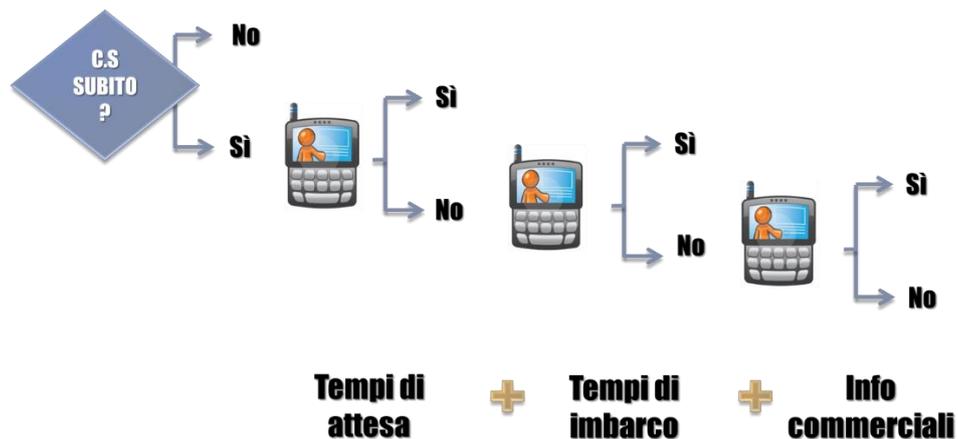


Fig. 20 Flow chart - Fase di spostamento Check-In - Controlli di sicurezza

Anche in questa fase si è conservata, per le domande, la stessa veste grafica e in merito alle informazioni sui tempi di attesa sono stati individuati gli stessi intervalli temporali:  $t_q$ ,  $t_{info}$ ,  $t_w$ .

Facendo variare il valore di questi tre attributi sono stati redatti 9 scenari differenti. Si è proceduto poi alla segmentazione del campione in **due gruppi** secondo la stessa logica adottata nella fase precedente.

#### 4.2.5 Fase di spostamento Controlli di sicurezza – Gate

Anche in questa fase sono stati individuati diversi scenari al fine di poter modellare le scelte dei passeggeri sulla base del  $t_{boarding}$  ovvero l'intervallo di tempo che manca all'imbarco a valle dei controlli di sicurezza.

Come nelle sezioni precedenti il S.I. funge da strumento a servizio dell'utente che, mediante diversi canali comunicativi, viene informata circa le attività circostanti, sullo stato del volo e sui tempi necessari per l'imbarco. In questa sezione non sono stati presi in considerazione i tempi spesi in coda al gate, piuttosto è stato posto l'accento sull'anticipo, rispetto all'orario di imbarco, con cui l'utente ha intenzione di presentarsi al gate. Anche in questa fase, così come nelle precedenti, vengono analizzate le intenzioni commerciali del passeggero, accompagnate da un'informazione sulla tempistica di imbarco e di wayfinding, e relazionate alla disponibilità del passeggero a ridurre l'anticipo (rispetto all'orario di imbarco) di arrivo al gate.

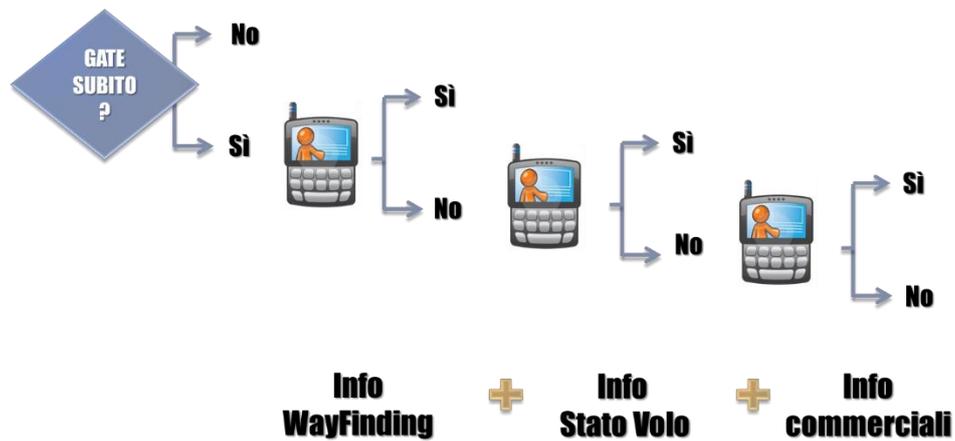


Fig. 21 Flow chart - Fase di spostamento Controlli di sicurezza – Gate

In questa fase il S.I. fornisce informazioni su:

- indicazioni stradali per raggiungere il Gate (Wayfinding);
- stato del volo;
- consigli commerciali.

### 4.3 Risultati dell'indagine

In questo paragrafo riportiamo i risultati ottenuti dal questionario specificandoli per ogni sezione sopra menzionata. Il campione considerato è composto da 206 rispondenti, che hanno compilato un questionario differenziato in 9 scenari.

Gli scenari si differenziano tra di loro sulla base dei valori di  $t_q$ ,  $t_{info}$ ,  $t_w$  nella due fasi di spostamento ingresso – check-in e check-in – controlli di sicurezza e il  $t_{boarding}$  nell'ultima fase di spostamento.

fase →	ingresso - check-in			check-in - CS			CS - gate
scenario	$t_q(\text{min})$	$t_{info}(\text{min})$	$t_w(\text{min})$	$t_q(\text{min})$	$t_{info}(\text{min})$	$t_w(\text{min})$	$t_{boarding}(\text{min})$
1	20	20	0	20	20	10	30
2	20	20	10	20	20	0	30
3	30	20	10	30	20	15	30
5	30	30	0	30	30	10	60
6	30	30	10	30	30	0	60
7	10	10	0	10	20	0	40
8	10	20	0	10	10	0	40
9	20	30	10	20	10	10	40
4	10	10	0	10	10	0	40

Tab. 8 Schema degli scenari

La distribuzione dei rispondenti è la seguente

Questionario	1	2	3	5	6	7	8	9	4
Percentuale di rispondenti	28,8%	7,8%	11,2%	7,8%	6,3%	12,2%	10,7%	6,8%	8,3%

Come si può notare, per ogni scenario è stato captato un numero di risposte simile, fatto salvo per lo scenario 1 per il quale sono state intercettate un numero maggiore di risposte.

#### 4.3.1 Informazioni preliminari

Riportiamo le caratteristiche socio-economiche del campione. Per ogni segmentazione viene riportata la percentuale dei rispondenti.

##### Genere

maschio	femmina
68,8%	31,2%

##### Età

18-30	31-50	51-70	>70
37,1%	51,2%	11,2%	0,5%

##### Condizione professionale

Studente	Docente universitario	Libero professionista	Non occupato	Lavoratore dipendente	Casalinga/pensionato
25,4%	32,7%	18,5%	2,9%	19,5%	1,0%

##### Livello di Istruzione

Diploma	Laurea di primo livello	Laurea di secondo livello	Dottorato/master universitario	Licenza elementare/media
20,5%	12,7%	26,8%	39,0%	1,0%

##### Numero componenti in famiglia compreso te

1	2	3	4	5	6	>6
8,8%	13,7%	23,4%	41,0%	9,8%	1,5%	2,0%

Facciamo dunque riferimento ad un campione perlopiù maschile, in una fascia di età compresa tra i 18 e i 50 anni, proveniente sostanzialmente da un ambiente accademico, con un grado di istruzione medio alto e con un nucleo familiare di 3 o 4 persone.

Andiamo ora ad investigare altre caratteristiche che riguardano la disponibilità ad utilizzare il modo auto per effettuare gli spostamenti.

#### Sei in possesso di qualche patente?

Non possiedo alcuna patente di guida	Patente di tipo B (automobili)	Patente di tipo A (ciclomotori)	Posseggo entrambi i tipi di patente
1,50%	63,90%	0,50%	34,10%

#### Numero di auto possedute in famiglia

0	1	2	3	Più di 3
2,4%	32,7%	47,8%	10,7%	6,3%

#### Numero di patentati in famiglia

0	1	2	3	Più di 3
1,0%	9,3%	46,8%	15,6%	27,3%

Parliamo quindi di un campione in possesso di un qualche tipo di patente e con una disponibilità oggettiva di prendere l'auto.

Andiamo ora a valutare il grado di feeling che gli intervistati posseggono nei confronti della tecnologia.

	Si	No
Possiedi uno smartphone?	92,7%	7,3%
Possiedi un PC/notebook?	98,5%	1,5%
Effettui acquisti on-line?	90,7%	9,3%

**Come usualmente organizzi tuoi viaggi (volo, hotel, etc.)? [Per lavoro e/o svago]**

<b>Agenzia di Viaggio</b>	<b>Internet</b>	<b>APP su smartphone</b>	<b>Guida turistica cartacea</b>	<b>Altro</b>
19,0%	65,6%	8,8%	6,1%	0,3%

**Indicare in una scala da 1 a 5 in grado di dimestichezza nell'uso dello smartphone**

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
0,5%	1,1%	8,4%	27,9%	62,1%

**Sei disponibile ad utilizzare un'applicazione per smartphone per ricevere qualsiasi tipo di informazione inerente il viaggio, da casa fino all'imbarco?**

<b>Si</b>	<b>No</b>
94,7%	5,3%

**Hai mai utilizzato internet per ricerche voli, o per l'acquisto dei biglietti aerei?**

<b>Mai</b>	<b>Qualche volta</b>	<b>Spesso</b>	<b>Sempre</b>
2,1%	12,4%	28,4%	57,2%

**Prima di effettuare un viaggio in aereo raccogli informazioni inerenti lo spostamento da casa (modalità di trasporto disponibili, percorso)?**

<b>Si</b>	<b>No</b>
88%	12%

**Raccogli informazioni inerenti le caratteristiche dell'aeroporto (mappa interna, parcheggi, percorsi interni)?**

<b>Si</b>	<b>No</b>
43%	57%

Il campione ha un ottimo approccio con la tecnologia, sia mobile che tradizionale. Nella maggioranza dei casi i rispondenti si documentano su internet per i loro viaggi in aereo, acquistano spesso i biglietti on line e sarebbero disponibili ad imparare ad usare un'applicazione per smartphone che li assista durante lo spostamento. Da notare che mentre buona parte del campione raccoglie informazioni per arrivare in aeroporto, solo una minoranza di esso effettua ricerche in merito alle caratteristiche topologiche del terminal.

Andiamo ora a considerare le caratteristiche degli spostamenti aerei effettuati dal campione.

#### **Hai mai volato?**

<b>Si</b>	<b>No</b>
94,6%	5,4%

#### **Motivo di spostamento più frequente**

<b>Prevalentemente per Svago</b>	<b>Prevalentemente per Lavoro</b>	<b>Per Lavoro e Svago in egual misura</b>
39,9%	34,7%	25,4%

#### **Mediamente quanti viaggi effettuati in un anno?**

<b>0 (viaggio saltuariamente)</b>	<b>1</b>	<b>2 - 5</b>	<b>6 - 12</b>	<b>Più di 12</b>
12,4%	18,0%	38,7%	20,1%	10,8%

**Per i tuoi spostamenti, che tipo di compagnia aerea preferisci utilizzare?**

<b>Compagnia aerea low-cost</b>	<b>Compagnia aerea tradizionale</b>	<b>Considero in egual misura i due tipi di compagnia aerea</b>
30,9%	18,6%	50,5%

**Quando viaggi per LAVORO, usualmente, che tipo di bagaglio porti con te?**

<b>Bagaglio a mano</b>	<b>Bagaglio da stiva</b>	<b>Entrambi i tipi di bagaglio</b>	<b>Viaggio senza bagaglio</b>
72,2%	4,3%	23,5%	0,9%

**Quando viaggi per SVAGO, usualmente, che tipo di bagaglio porti con te?**

<b>Bagaglio a mano</b>	<b>Bagaglio da stiva</b>	<b>Entrambi i tipi di bagaglio</b>	<b>Viaggio senza bagaglio</b>
26,8%	14,2%	59,1%	0,0%

Il campione considerato, quindi, si sposta in egual misura sia per lavoro che per svago, portando con se prevalentemente solo bagaglio a mano nel primo caso e anche un bagaglio da stiva per il secondo. In genere vengono effettuati non più di 5 viaggi all'anno, non facendo molta distinzione tra compagnia tradizionale e compagnia low-cost.

In ultima istanza andiamo ad analizzare le attività preferite dall'utenza all'interno del terminal e le caratteristiche che essi ritengono determinanti nella scelta dell'aeroporto.

**Indicare quali attività commerciali ritieni interessanti all'interno del terminal**

<b>Librerie ed edicole</b>	<b>Negozi di elettronica</b>	<b>Boutique del lusso</b>	<b>Centri sportivi</b>	<b>Negozi di oggettistic</b>	<b>Negozi di abbigliamento</b>
----------------------------	------------------------------	---------------------------	------------------------	------------------------------	--------------------------------

		ricreativi e relax		a e souvenir	
30.00%	9.38%	0.63%	2.92%	11.67%	5.83%

Negozi alimentari	Food & Beverage (Negozi di ristorazione)	Aree gioco per bambini	Altro
7.92%	24.58%	5.21%	1.88%

**Nella scelta dell'aeroporto da cui partire quanto ritieni rilevanti i seguenti fattori**

	<i>INDIF FERENTE</i>	<i>POCO</i>	<i>ABBASTA NZA</i>	<i>MOLTO</i>
<i>Tempo di accesso (per raggiungere l'aeroporto)</i>	4.12%	9.28%	35.57%	51.03%
<i>Costo del biglietto</i>	0.52%	5.15%	38.66%	55.67%
<i>Tipo compagnia che effettua il collegamento (low cost VS tradizionale)</i>	18.04%	24.74%	35.57%	21.65%
<i>Brand della compagnia (es: Lufthansa VS Iberia)</i>	23.46%	36.31%	26.26%	13.97%
<i>Aeroporto di destinazione (a parità di destinazione, se primario o secondario)</i>	5.67%	16.49%	52.58%	25.26%
<i>Efficienza e affidabilità dell'aeroporto di origine</i>	11.34%	27.84%	40.72%	20.10%
<i>Numero bagagli con cui viaggi</i>	29.38%	39.69%	23.20%	7.73%
<i>Numero persone con cui viaggi</i>	42.27%	32.47%	19.59%	5.67%

Edicole, librerie e negozi di ristorazione sono le attività commerciali più richieste, mentre, tra i fattori che più influenzano la scelta dell'aeroporto spiccano, come ci attendevamo, il tempo di accesso e la tariffa aerea.

#### 4.3.2 Fase di spostamento Casa – Aeroporto (Ingresso)

Come detto in precedenza, in questa fase, vengono innanzi tutto richieste informazioni sui modi di trasporto utilizzato e sulle esigenze informative avvertite in fase pre-trip. In questa sezione incontriamo i primi punti di diversione, ovvero quelle particolari fasi dello spostamento dove si esplicano le decisioni del viaggiatore.

**Con quale modo di trasporto ti rechi all'aeroporto dal quale usualmente voli?**

Auto propria	Treno/bus	Taxi (a carico dell'utente)	Taxi (se rimborsati o dall'azienda)	Mi faccio accompagnare	Altro
25,7%	26,8%	11,4%	5,4%	28,6%	2,1%

Come possiamo notare la maggior parte dei rispondenti si reca in aeroporto con l'auto propria, con i mezzi pubblici oppure si fa accompagnare da parenti o conoscenti.

**Come giudichi l'importanza delle seguenti esigenze informative PRIMA di arrivare in aeroporto?**

	NON MI INTERESSA NO	POCO	ABBASTANZA	MOLTO
Informazioni personalizzate in merito allo stato del volo	0.52%	10.82%	34.02%	54.64%

(ritardi e/o nuovo orario di partenza)

---

Informazioni circa le norme

comportamentali

(documenti, bagagli, liquidi, etc.)

8.76%	31.44%	30.41%	29.38%
-------	--------	--------	--------

---

Attività commerciali e

ricreative presenti

all'interno dell'aeroporto

34.54%	50.00%	13.40%	2.06%
--------	--------	--------	-------

---

Informazioni per la

riprogrammazione su altro

volo (causa annullamento o ritardo dell'utente)

4.12%	8.76%	30.41%	56.70%
-------	-------	--------	--------

---

**Se fosse disponibile un sistema informativo affidabile in grado di soddisfare una delle precedenti esigenze attraverso quali canali preferiresti ricevere le informazioni**

<b>Applicazione e su</b>				
<b>Sms</b>	<b>smartphone (notifica push)</b>	<b>E-mail</b>	<b>Sito internet</b>	<b>Altro</b>
41,7%	33,0%	22,4%	2,5%	0,3%

---

Le informazioni relative alla riprogrammazione su altro volo (causa annullamento o ritardo dell'utente) e le informazioni personalizzate in merito allo stato del volo (ritardi e/o nuovo orario di partenza), rappresentano le maggior esigenze informative del campione, che preferisce come canale di comunicazione SMS, app su smartphone o e-mail.

**Con riferimento all'aeroporto dal quale voli abitualmente, quanto tempo prima del volo ti presenti al terminal?**

<i>15 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	22.32%
<i>30 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	36.61%
<i>45 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	11.61%
<i>60 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	16.96%
<i>90 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	6.25%
<i>Più di 90 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	6.25%

**Perché preferisci arrivare prima all'aeroporto?**

<b>Non ho certezza (conoscenza) del tempo di viaggio verso l'aeroporto</b>	<b>Non ho certezza (conoscenza) dei tempi per espletare le attività necessarie per raggiungere il GATE di imbarco</b>	<b>Entrambi i motivi</b>
20%	25%	55%

**Se esistesse un sistema informativo in grado di guidarti in tutte le attività che dovrai espletare all'aeroporto saresti disposto ad arrivare con minor anticipo (rispetto a quello che hai dichiarato in precedenza)?**

<b>SI, RIDURREI LA SOGLIA TEMPORALE DI SICUREZZA CON CUI DESIDERO ARRIVARE IN AEROPORTO</b>	<b>NO, NON MI FIDO DEL SISTEMA INFORMATIVO</b>
73,8%	26,2%

**Se ci fosse un sistema informativo affidabile di stima dei tempi di viaggio verso l'aeroporto saresti disposto ad arrivare con minor anticipo (rispetto a quello che hai dichiarato in precedenza)?**

<b>SI, RIDURREI LA SOGLIA TEMPORALE DI SICUREZZA CON CUI DESIDERO ARRIVARE IN AEROPORTO</b>	<b>NO, NON MI FIDO DEL SISTEMA INFORMATIVO</b>
51,0%	49,0%

**Se fossero disponibili i sistemi informativi proposti in precedenza, di quanto saresti disposto a ridurre l'anticipo con cui hai dichiarato di volere arrivare in aeroporto?**

<b>NON SONO DISPOSTO A RIDURRE L'ANTICIPO</b>	<b>10 minuti (rispetto a quello che hai dichiarato in precedenza)</b>	<b>20 minuti (rispetto a quello che hai dichiarato in precedenza)</b>	<b>Più di 30 minuti (rispetto a quello che hai dichiarato in precedenza)</b>
1,2%	35,4%	43,9%	19,5%

Dalle tabelle sopra esposte si può dedurre che, nel caso di spostamento verso un aeroporto più "familiare", l'anticipo con cui i viaggiatori si recano alla struttura in genere non supera i 30 minuti. Le motivazioni di tale anticipo sono relative, in egual misura, sia all'incertezza dei tempi di viaggio verso l'aeroporto, sia all'incertezza sui tempi per espletare le attività necessarie per raggiungere il gate di imbarco (check-in, controlli di sicurezza, spostamento verso il gate). Tuttavia si evidenzia che se quasi il 74% del campione sarebbe disposto ad arrivare con minor anticipo se esistesse un sistema informativo in grado di guidarli in tutte le attività che dovranno espletare all'interno dell'aeroporto, tale aliquota scende al 51% quando il sistema informativo, seppur affidabile stimasse unicamente i tempi di viaggio verso

l'aeroporto. In ogni caso, tra coloro che hanno dichiarato di essere disposti ad arrivare in anticipo, l'80% di essi, lo ridurrebbe non più di 20 minuti.

Ripetiamo adesso la stessa analisi, ma nel caso di un aeroporto, attraverso il quale l'utente non vola abitualmente.

**Con riferimento all'aeroporto dal quale voli abitualmente, quanto tempo prima del volo ti presenti al terminal?**

<i>15 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	9,93%
<i>30 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	30,50%
<i>45 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	12,06%
<i>60 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	27,66%
<i>90 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	12,06%
<i>Più di 90 minuti prima (rispetto all'orario consigliato)</i>	7,80%

**Perché preferisci arrivare prima all'aeroporto?**

<b>Non ho certezza (conoscenza) del tempo di viaggio verso l'aeroporto</b>	<b>Non ho certezza (conoscenza) dei tempi per espletare le attività necessarie per raggiungere il GATE di imbarco</b>	<b>Entrambi i motivi suddetti</b>
10,6%	9,9%	79,4%

**Se esistesse un sistema informativo in grado di guidarti in tutte le attività che dovrai espletare all'aeroporto saresti disposto ad arrivare con minor anticipo (rispetto a quello che hai dichiarato in precedenza)?**

<b>SI, RIDURREI LA SOGLIA TEMPORALE DI SICUREZZA</b>	<b>NO, NON MI FIDO DEL SISTEMA INFORMATIVO</b>
--	--

<b>CON CUI DESIDERO ARRIVARE IN AEROPORTO</b>	
72,0%	28,0%

**Se ci fosse un sistema informativo affidabile di stima dei tempi di viaggio verso l'aeroporto saresti disposto ad arrivare con minor anticipo (rispetto a quello che hai dichiarato in precedenza)?**

<b>SI, RIDURREI LA SOGLIA TEMPORALE DI SICUREZZA CON CUI DESIDERO ARRIVARE IN AEROPORTO</b>	<b>NO, NON MI FIDO DEL SISTEMA INFORMATIVO</b>
44,6%	55,4%

**Se fossero disponibili i sistemi informativi proposti in precedenza, di quanto saresti disposto a ridurre l'anticipo con cui hai dichiarato di volere arrivare in aeroporto?**

<b>NON SONO DISPOSTO A RIDURRE L'ANTICIPO</b>	<b>10 minuti (rispetto a quello che hai dichiarato in precedenza)</b>	<b>20 minuti (rispetto a quello che hai dichiarato in precedenza)</b>	<b>Più di 30 minuti (rispetto a quello che hai dichiarato in precedenza)</b>
1,2%	34,1%	65,9%	30,5%

In questo caso, circa il 20% del campione, si reca all'aeroporto con un anticipo superiore a 60 minuti rispetto all'orario consigliato dalla compagnia aerea. Anche in questo caso le motivazioni di tale anticipo sono relative, in egual misura, sia all'incertezza dei tempi di viaggio verso l'aeroporto, sia all'incertezza sui tempi per espletare le attività necessarie per raggiungere il gate di imbarco (check-in, controlli di sicurezza, spostamento verso il gate). A differenza però del caso precedente,

aumenta l'aliquota di campione che fa meno affidamento sui servizi offerti da un eventuale sistema informativo, anche se, tra coloro che si fidano di esso, la riduzione dell'anticipo si attesta intorno ai 10-20 minuti.

#### 4.3.3 Fase di spostamento Ingresso – Check-in

In questa fase, dopo le prime due domande di carattere generale, distinguiamo i diversi scenari.

##### **Quando viaggi con bagaglio a mano, in genere che tipo di check-in effettui?**

<i>Check-in on-line (prima di raggiungere il terminal)</i>	74,23%
<i>Check-in allo sportello (nel terminal)</i>	22,68%
<i>Check-in al chiosco (solo bagaglio a mano)</i>	3,09%

##### **Come giudichi l'importanza delle seguenti esigenze informative una volta che sei giunto ALL' AEROPORTO (sei giunto nell'area ARRIVI e devi effettuare il check-in)?**

	INDIFFERENTE	POCO	ABBASTANZA	MOLTO
<i>Info di wayfinding per raggiungere i banchi check-in</i>	9,28%	13,40%	46,39%	30,93%
<i>Info sullo stato del volo e la tempistica necessaria per svolgere le attività successive al check-in</i>	2,06%	7,73%	51,03%	39,18%
<i>Info sulla documentazione, limitazioni bagagli, norme</i>	10,82%	27,84%	38,66%	22,68%

*comportamentali*

*etc.*

<i>Info su attività</i>				
<i>commerciali e ricreative presenti in aeroporto</i>	33,51%	49,48%	14,95%	2,06%
<i>Info su eventuale riprogrammazione su altro volo (causa annullamento o ritardo dell'utente)</i>				
<i>su altro volo (causa annullamento o ritardo dell'utente)</i>	3,09%	10,31%	30,93%	55,67%

Come possiamo notare i 74% dei rispondenti effettua il check-in on line, e tra le esigenze informative avvertite grande importanza viene data alle informazioni relative ad una eventuale riprogrammazione su altro volo, lo stato del volo e la tempistica necessaria per svolgere le attività successive al check-in e informazioni di wayfinding per raggiungere i banchi check-in.

Riportiamo di seguito una tabella riassuntiva nella quale si specifica l'appartenenza di uno specifico scenario al gruppo di chi "perde" e di "chi pareggia"

Gruppo →	"Chi pareggia"	"Chi perde"
	$t_w + t_{info} = t_q$	$t_w + t_{info} > t_q$
Scenario →	1	2
	3	6
	5	8
	7	10
	4	

In questa fase viene valutata la propensione del passeggero a cambiare idea, in merito alla possibilità di rimandare la procedura di registrazione a valle di un certo messaggio informativo. Come accennato in precedenza, al passeggero vengono fornite, in sequenza tre tipologie di informazioni. Il questionario è costruito in maniera tale che se il passeggero dichiara di non voler rimandare il check-in dopo la prima informazione relativa ai tempi di attesa ai banchi, gli viene fornita una seconda informazione riguardante una stima dei tempi necessari per raggiungere il gate di partenza. Se poi, il passeggero persevera nella sua decisione viene inviata una terza informazione circa i servizi commerciali nella vicinanze dell'utente.



Fig. 22 Prima informazione



Fig. 23 Seconda informazione



Fig. 24 Terza informazione

Di seguito viene riportata le percentuali di diversione ogni volta che vengono fornite delle informazione. Tali percentuali sono differenziati in base ai gruppi

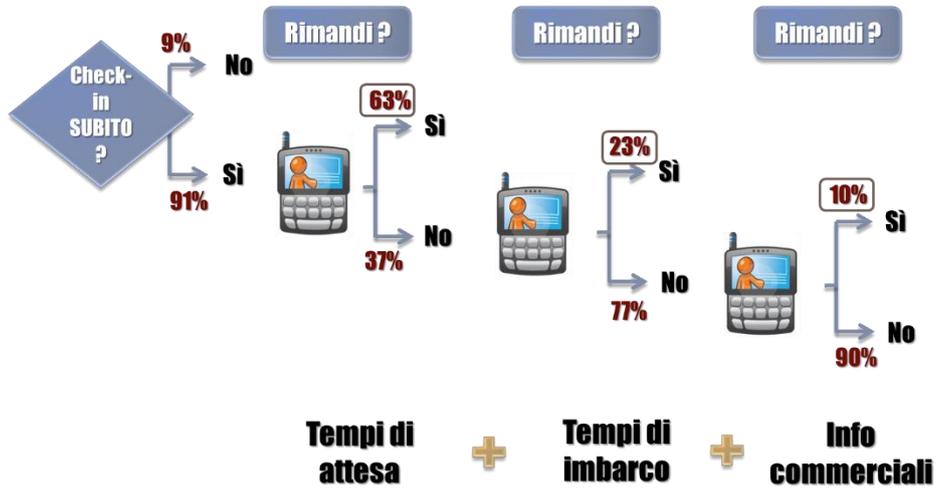


Fig. 25 Percentuale di diversione totale

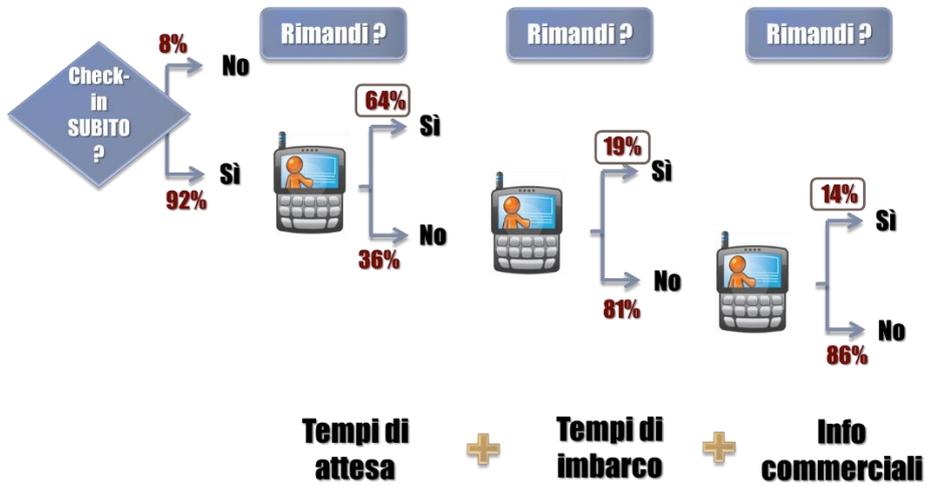


Fig. 26 Percentuale di diversione "chi pareggia"

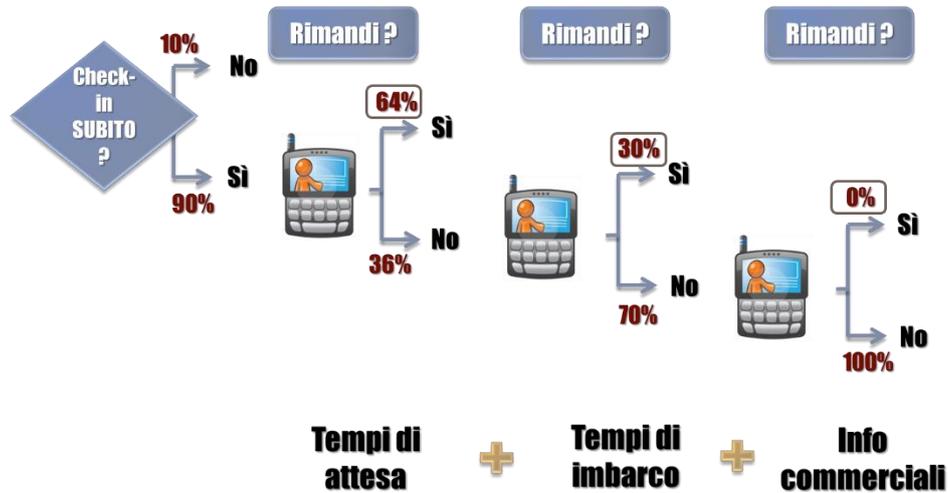


Fig. 27 Percentuale di diversione "chi pareggia"

I diagrammi sopra riportati mostrano un dato molto interessante e cioè, se inizialmente più del 90% degli intervistati risulta intenzionato ad effettuare subito al check-in, solo il 26% di questi persevera nella propria decisione, di non rimandarla, a valle delle informazioni ricevute dal sistema.

Tale dato risulta, inoltre essere in accordo con quanto riportato precedentemente, nella fase di spostamento Casa – Aeroporto, nel quale si era palesata, sia nei confronti di un aeroporto conosciuto, sia nei confronti di un aeroporto meno familiare, la disponibilità degli utenti a giungere al terminal con minor anticipo qualora esistesse un sistema informativo che li guidasse attraverso il terminal.

In media, circa il 63% dei rispondenti, che hanno dichiarato di effettuare subito la registrazione, sarebbe disposto a rimandarla se esistesse un sistema informativo che desse loro informazioni in merito al tempo di attesa attuale, all'orario consigliato per mettersi in coda e al tempo definitivo di attesa. Si può notare che tale percentuale è superiore al 64% per il gruppo di chi pareggia e del 59% per il gruppo di chi perde.

Di seguito vengono riportate le percentuali di diversione, normalizzate rispetto al numero di passeggeri che dichiara di mettersi subito in coda al check-in, in corrispondenza dei nodi dove interviene il S.I

Sull'asse delle ascisse abbiamo posto le info fornite all'utenza

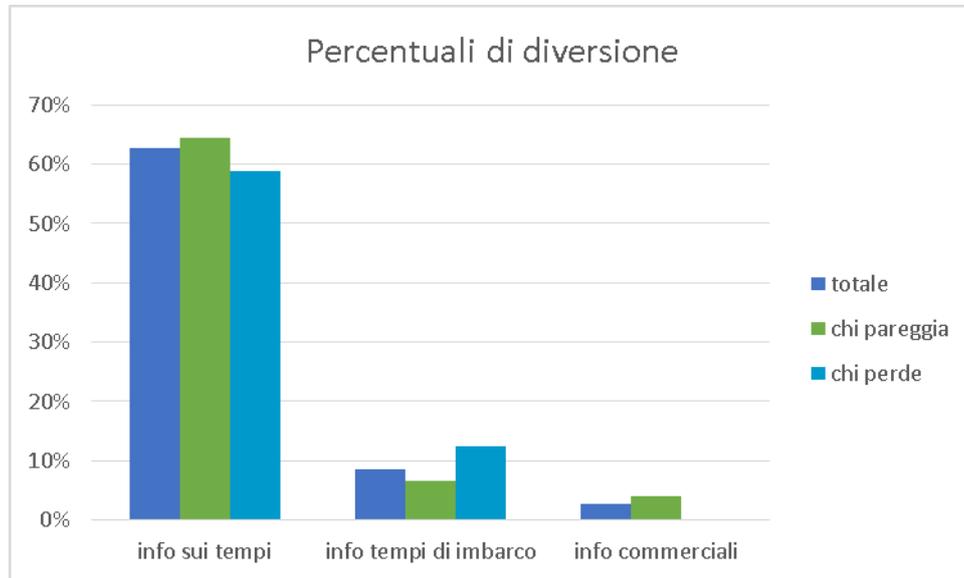


Fig. 28 Istogramma delle percentuali di diversione

In definitiva, a valle delle tre informazioni erogate, circa il 74% di coloro che hanno dichiarato di voler espletare immediatamente le operazioni di registrazione è disposto a cambiare idea e a seguire i consigli del sistema informativo.

Introduciamo ora la *compliance* come la cumulata delle percentuali di passeggeri che avendo dichiarato inizialmente di non essere disposti a rimandare il check-in, cambiano idea a seguito delle informazioni fornite dal sistema. Come è possibile notare questo parametro cresce all'aumentare delle informazioni fornite, ma cresce sempre meno.

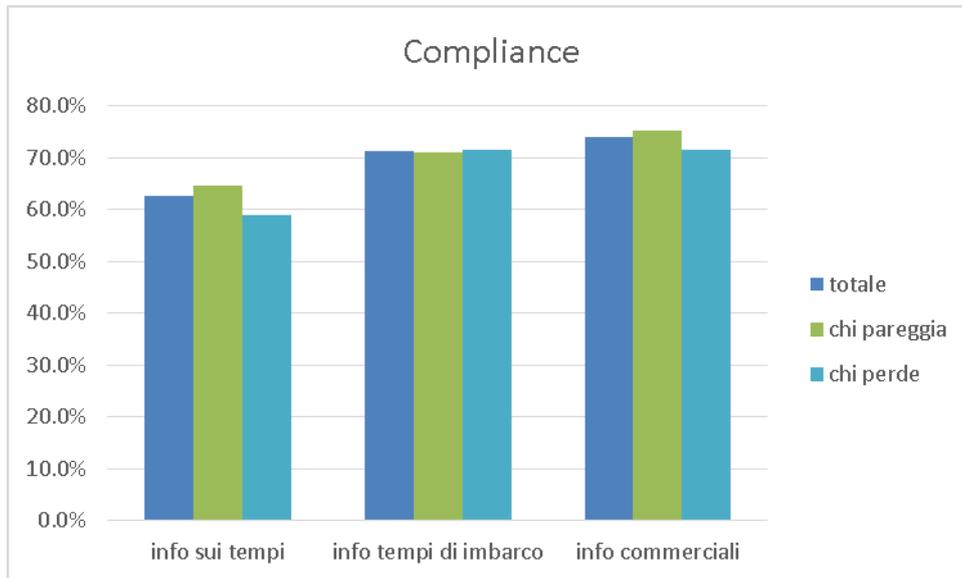


Fig. 29 Compliance– Ingresso – Check-in

Dal diagramma emerge che in questa fase dello spostamento, non c'è grande differenza tra la *compliance* dei due gruppi. Inoltre come possiamo notare, dopo la prima informazione, solo poche persone cambiano idea. Ciò significa che, la capacità di produrre un cambiamento di comportamento della seconda e della terza informazione è trascurabile rispetto all'effetto prodotto dalla prima informazione.

In merito ai motivi per i quali l'utenza è portata ad effettuare subito il check-in, si può affermare che pesano in egual misura sia il desiderio di giungere rapidamente alle fasi successive del processo di elaborazione passeggeri, sia la volontà di liberarsi dal fastidio dei bagagli. Gli stessi motivi, in aggiunta anche ad un certo grado di diffidenza nei confronti del sistema informativo, sono la causa di una bassa propensione a seguire i suggerimenti del sistema informativo stesso.

#### 4.3.4 Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza

Mostriamo dapprima le esigenze informative avvertite dagli utenti in questa fase

**Come giudichi l'importanza delle seguenti esigenze informative DOPO AVER EFFETTUATO IL CHECK-IN? Informazioni su: .....**

	INDIFFERENTE	POCO	ABBASTANZA	MOLTO
<i>Wayfinding per raggiungere i controlli di sicurezza</i>	6.19%	14.43%	44.85%	34.54%
<i>Stato del volo e la tempistica necessaria per svolgere le attività</i>	2.06%	6.70%	44.85%	46.39%
<i>Come prepararsi ai controlli di sicurezza</i>	9.79%	35.05%	39.18%	15.98%
<i>Su attività commerciali e ricreative presenti in aeroporto</i>	28.87%	49.48%	17.53%	4.12%
<i>Gestione di eventuali interruzioni/ritardi del servizio</i>	2.06%	6.70%	37.11%	54.12%

In merito alle esigenze informative avvertite grande importanza viene data alle informazioni relative una eventuale riprogrammazione su altro volo, lo stato del volo e la tempistica necessaria per svolgere le attività successive ai controlli di sicurezza e informazioni di wayfinding per raggiungere le stazioni di controllo.

Come nel caso precedente, suddividiamo il campione in due sottogruppi, secondo la logica precedentemente adottata di “chi perde” ( $t_w+t_{info} > t_q$ ) e “chi pareggia” ( $t_w+t_{info}= t_q$ )

Ad ogni sottogruppo corrispondono degli scenari, così come riportato nella tabella sottostante.

Gruppo →	“Chi pareggia”	“Chi perde”
	$t_w+t_{info}=t_q$	$t_w+t_{info}>t_q$
Scenario →	2	1
	6	3
	8	5
	10	7
	4	

Tab. 9

In questa fase viene valutata la propensione del passeggero a cambiare idea, in merito alla possibilità di rimandare la procedura dei controlli di sicurezza a valle di un certo messaggio informativo. La logica, così come il tipo di informazione fornita, è del tutto analoga a quella della precedente fase di spostamento

Di seguito viene riportata la percentuale di diversione ogni volta che vengono fornite delle informazione. Tale percentuale è differenziata in base ai gruppi.

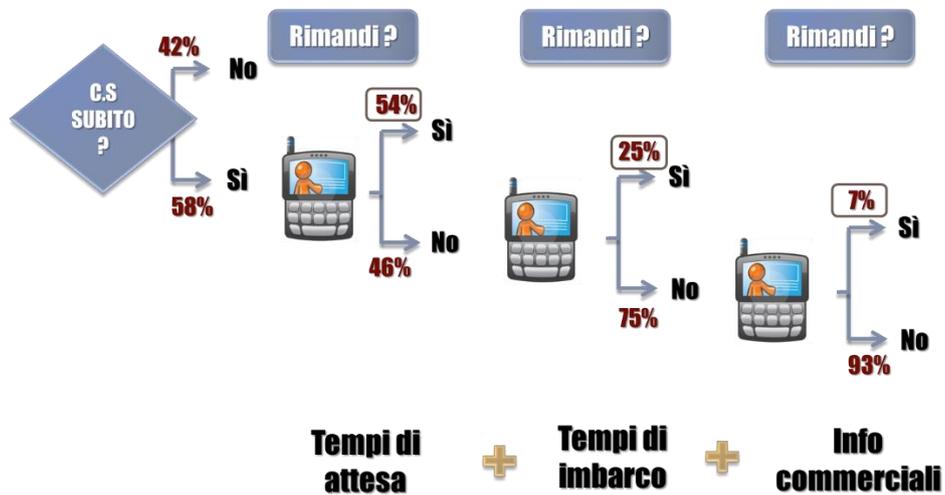


Fig. 30 Percentuale di diversione “chi perde”

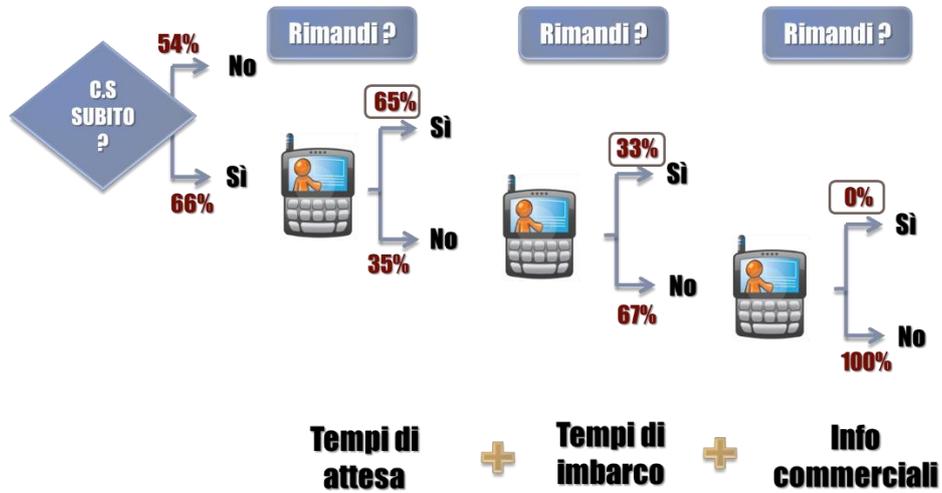


Fig. 31 Percentuale di diversione "chi pareggia"

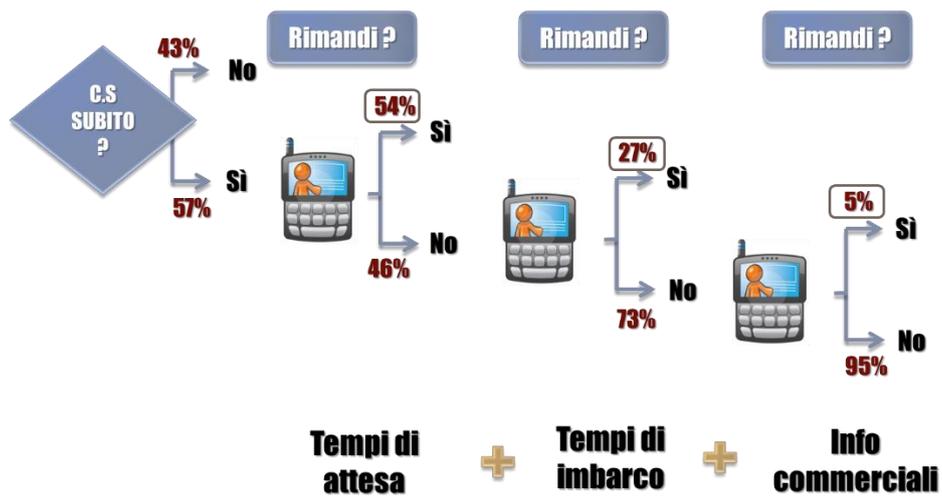


Fig. 32 Percentuale di diversione totale

In questa seconda fase dello spostamento, nell'ipotesi di imbarco tra 50 minuti, meno del 60% del campione dichiara di voler espletare immediatamente le operazioni di sicurezza (una percentuale nettamente ridotta rispetto alla fase di spostamento precedente).

In presenza di un sistema informativo capace di fornire informazioni affidabili circa gli orari, i tempi di attesa, info commerciali e di rassicurare in merito alla possibilità di imbarcarsi in orario, tale aliquota scende drasticamente al 18%. In particolare la riduzione maggiore (fino al 13%) si verifica per chi pareggia, il che denota una forte propensione dell'utenza a fidarsi del sistema, qualora questo non preveda tempi di attesa totali superiori a quelli spesi in coda nell'istante di arrivo alle stazioni di controllo.

In generale i rispondenti agli scenari relativi al gruppo 2 sono meno propensi a seguire le indicazioni del sistema informativo, anche se c'è da sottolineare che solo per il tale gruppo si è palesata una minima propensione a seguire le indicazioni del S.I qualora questo fornisca anche consigli commerciali (tale aliquota rappresenta solo l' 1% dell'intero campione). Nel gruppo 1 è risultato del tutto ininfluente la fornitura di info commerciali nella scelta di seguire o meno i suggerimenti del sistema informativo.

In definitiva, a valle delle tre informazioni erogate, circa il 67% di coloro che hanno dichiarato di volersi recare immediatamente ai varchi di sicurezza dopo il check-in è disposto a cambiare idea e a seguire i consigli del sistema informativo.

Riportiamo le percentuali di diversione in corrispondenza dei nodi dove interviene il S.I per la totalità del campione e per i gruppi 1 e 2.

Sull'asse delle ascisse abbiamo posto le info fornite all'utenza.

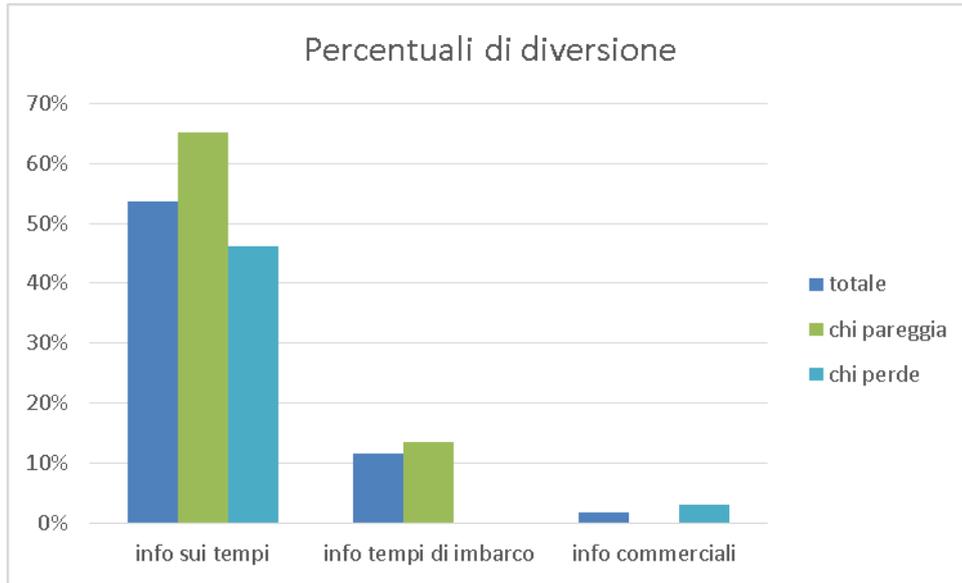


Fig. 33 Istogramma delle percentuali di diversione

In questo caso, a differenza della precedente fase di spostamento, possiamo notare differenze di comportamento più marcate tra i gruppi 1 e 2. Questo è altresì evidente nel diagramma della *compliance*.

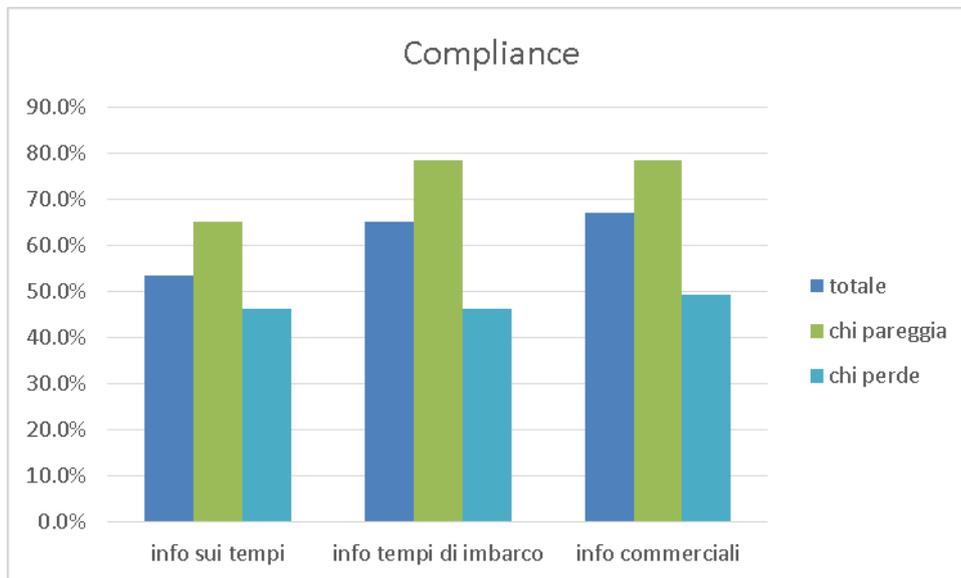


Fig. 34 Istogramma della compliance

Come possiamo notare, a differenza del caso precedente, *compliance* dei due gruppi è più marcata. Ciò sta a significare che il comportamento degli passeggeri è chiaramente distinto.

È inoltre interessante fare un confronto tra le *compliance* medie (cioè riferite alla totalità del campione) delle due fasi di spostamento.

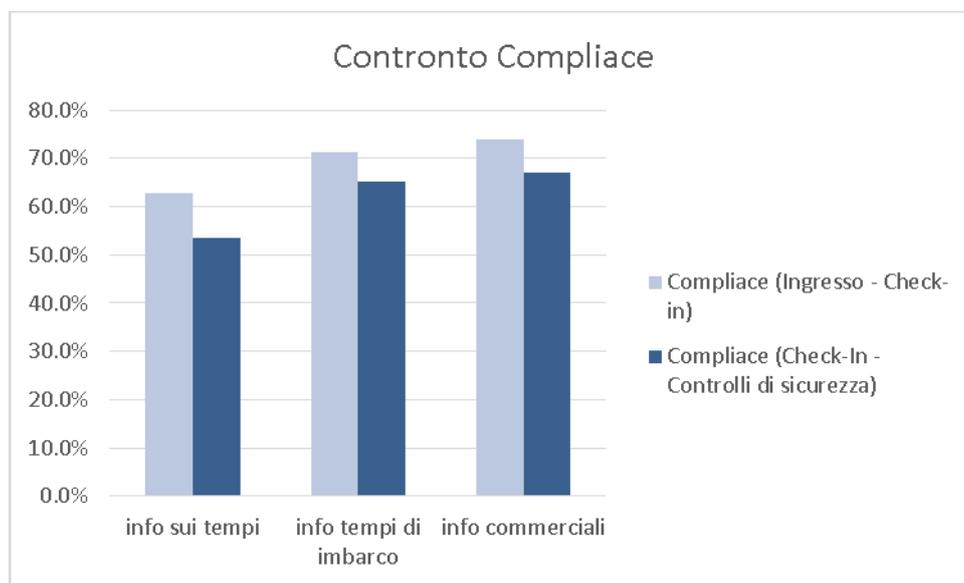


Fig. 35 Confronto Compliance

Come è visibile dal diagramma la *compliance* relativa alle informazioni fornite nella prima fase dello spostamento è tendenzialmente maggiore rispetto a quella della seconda fase. Inoltre, come già evidenziato in precedenza il l'incremento marginale di compliance della seconda e della terza informazione è minore rispetto al contributo della prima informazione. Questa considerazione ha portato ad investigare il comportamento dei passeggeri solo nei confronti della prima informazione relativa ai tempi in coda ai banchi check-in o alle stazioni di controllo.

#### 4.3.5 Fase di spostamento Controlli di sicurezza – Gate

Mostriamo dapprima le esigenze informative avvertite dagli utenti in questa fase

**HAI SUPERATO I CONTROLLI DI SICUREZZA E TI DEVI RECARE AL  
GATE D'IMBARCO, QUALI DELLE SEGUENTI INFORMAZIONI  
RITIENI UTILI IN QUESTA FASE DELLO SPOSTAMENTO?**

**Informazioni su....**

	<b>INDIFFERENTE</b>	<b>POCO</b>	<b>ABBASTANZA</b>	<b>MOLTO</b>
<i>Wayfinding (per giungere al gate d'imbarco)</i>	4.12%	10.31%	44.85%	40.72%
<i>tempo di arrivo al gate d'imbarco</i>	2.06%	13.92%	45.88%	38.14%
<i>lo stato del volo</i>	2.06%	2.06%	37.63%	58.25%
<i>attività commerciali e ricreative presenti all'interno dell'aeroporto</i>	24.74%	42.78%	23.20%	9.28%
<i>Informazioni turistiche</i>	27.32%	37.11%	28.35%	7.22%

Grande importanza viene data alle informazioni relative allo stato del volo, di wayfinding e sulla tempistica per raggiungere il gate.

In questo caso si è proceduto suddividendo il campione in tre gruppi, che però, in questo caso, seguono logiche differenti.

Nel gruppo 1 rientrano quegli scenari, nel quale ai rispondenti vengono richieste informazioni nell'ipotesi di un imbarco ( $t_{\text{boarding}}$ ) previsto tra 30 minuti. Tale soglia sale a 40 minuti per gli scenari del gruppo 2 e a 60 minuti per gli scenari del gruppo 3.

Ad ogni gruppo corrispondono degli scenari, così come riportato nella tabella sottostante

Fase →	CS - gate		
Scenario	$t_{\text{boarding}}$	$t_{\text{boarding}}$	$t_{\text{boarding}}$
→	= 30	= 40	= 60
	1	7	5
	2	8	6
	3	10	
		4	

In questa fase viene valutata la propensione del passeggero a cambiare idea, in merito alla possibilità di rimandare l'arrivo al gate a valle di un certo messaggio informativo. In questa fase dello spostamento al passeggero vengono fornite, in sequenza, tre tipologie di informazioni. Il questionario è costruito in maniera tale che se il passeggero dichiara di non voler rimandare l'arrivo al gate dopo la prima informazione relativa alle info di wayfinding per raggiungere il gate, gli viene fornita una seconda informazione riguardante lo stato del volo. Se poi, il passeggero persevera nella sua decisione viene inviata una terza informazione circa i servizi commerciali nella vicinanze dell'utente.



Fig. 36 Layout prima informazione



Fig. 37 Layout seconda informazione



Fig. 38 Layout terza informazione

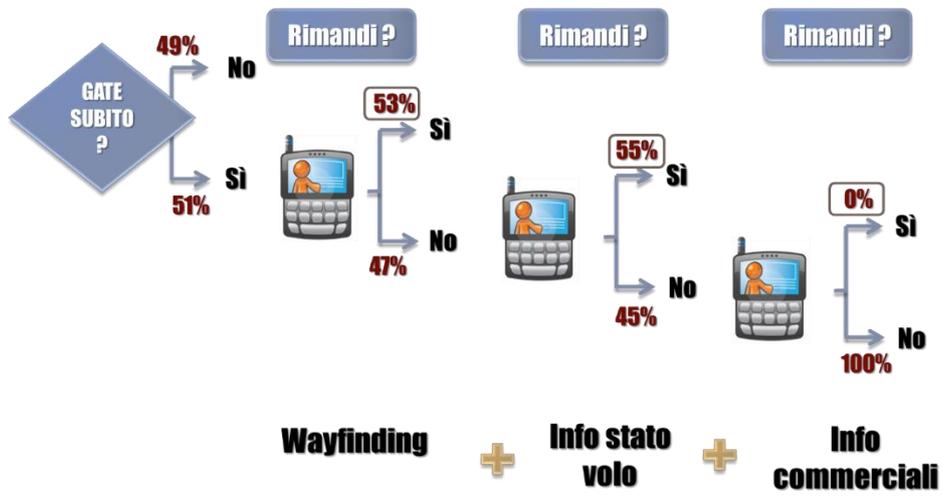


Fig. 39 Percentuale di diversione " $t_{boarding}=30min$ "

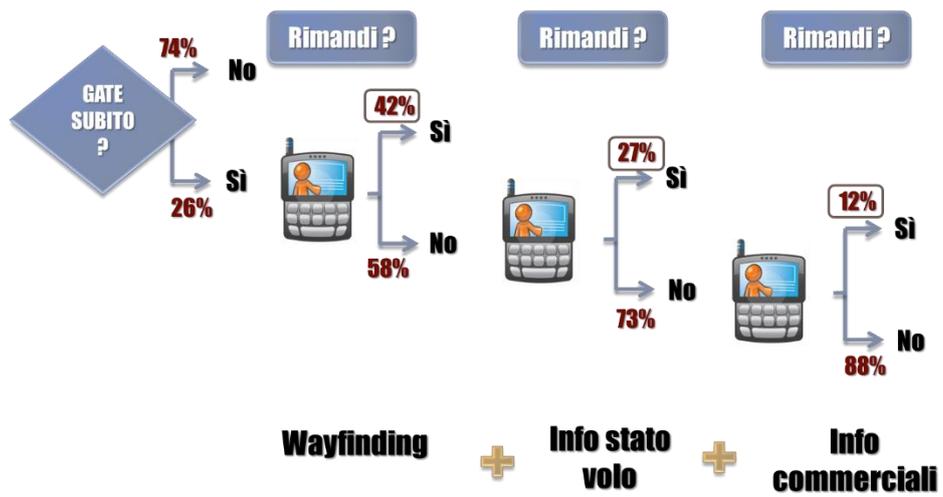


Fig. 40 Percentuale di diversione " $t_{boarding}=40min$ "

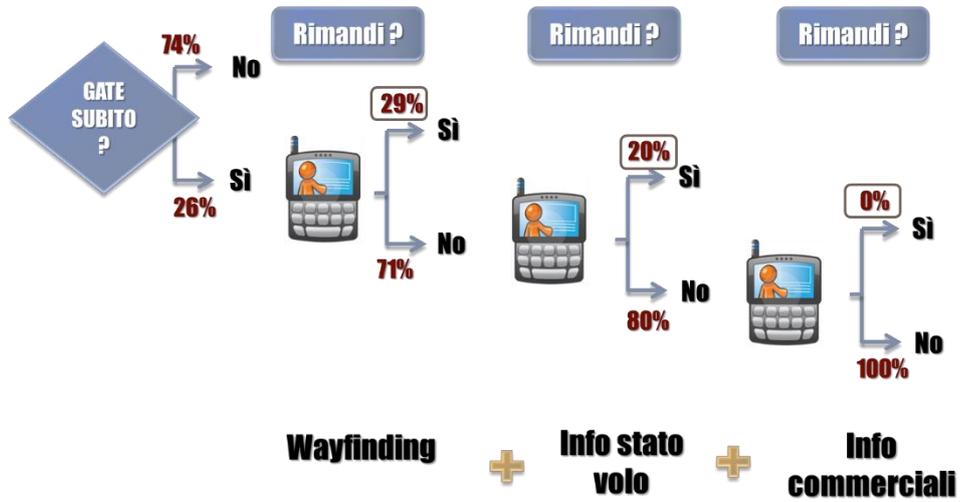


Fig. 41 Percentuale di diversione “ $t_{boarding}=60min$ ”

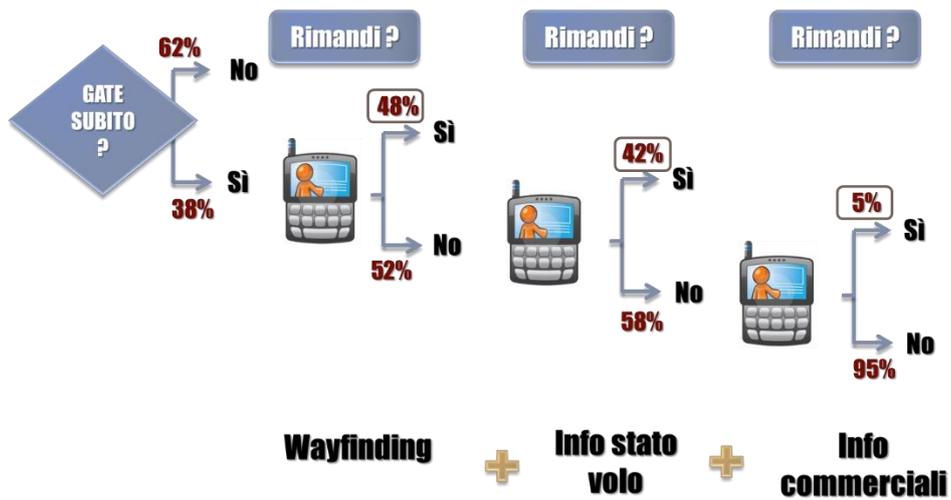


Fig. 42 Percentuale di diversione totale

Mediamente il 38% del campione dichiara di voler recarsi immediatamente al gate una volta espletate le operazioni di controllo. Il 62% sarebbe disposto a non avviarsi subito pur fissando una soglia di tempo di anticipo limite per recarsi al gate. Analizzando le risposte del campione, tale soglia si attesta mediamente intorno ai 14 minuti.

Riportiamo le percentuali di diversione in corrispondenza dei nodi dove interviene il S.I per la totalità del campione e per i gruppi 1, 2 e 3.

Sull'asse delle ascisse abbiamo posto le info fornite all'utenza.

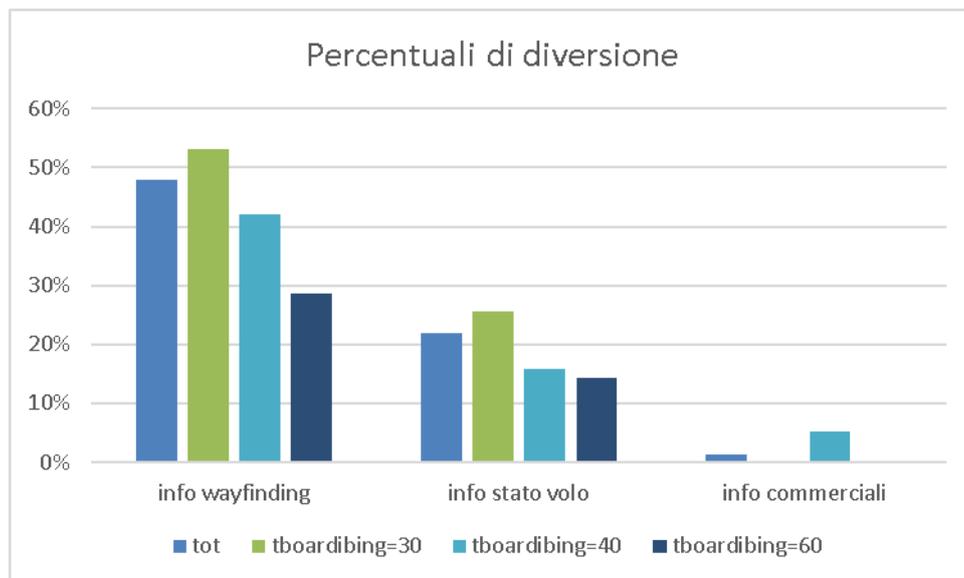


Fig. 43 Istogramma delle percentuali di diversione

Come possiamo notare vi è una differenza molto marcata tra i gruppi: la tendenza a seguire le informazioni fornite dal sistema aumenta al diminuire dell'intervallo di tempo che manca all'imbarco. Maggiore è il senso d'ansia per la partenza dell'aereo e maggiore risulta essere la propensione a fidarsi del S.I. Il che è anche evidente dall'andamento della compliance.

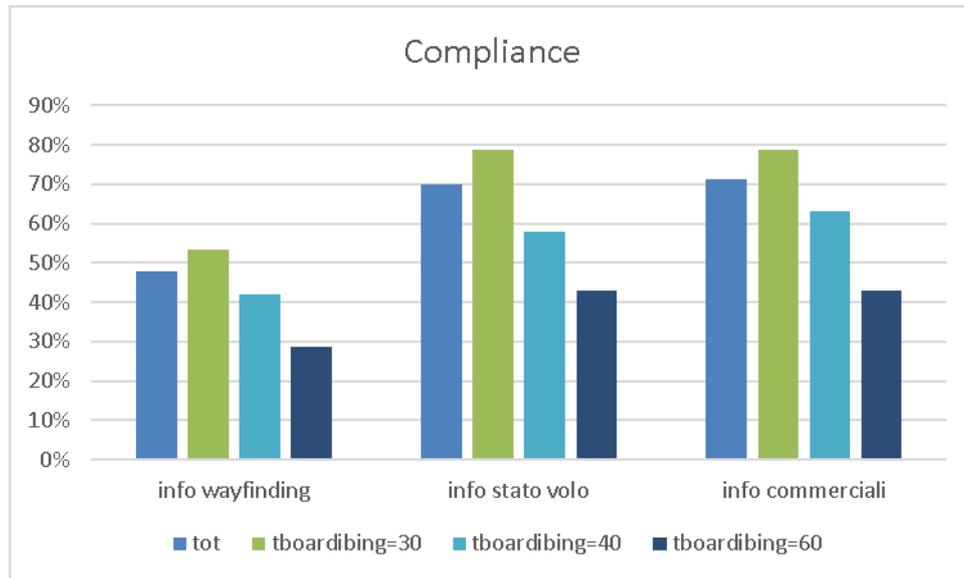


Fig. 44 Istogramma della compliance

In definitiva quindi l'89% dell'intero campione sarebbe disposto a non recarsi immediatamente al gate e in media il 71% di coloro che hanno dichiarato di voler recarsi subito al gate è disposta a cambiare idea a valle delle informazioni fornite dal S.I. Tale aliquota è però molto variabile a seconda del gruppo di appartenenza.

Come possiamo notare, anche in questa fase dello spostamento, le info commerciali sono quelle che meno influenzano la decisione degli utenti ad affidarsi ai consigli del sistema informativo.

#### 4.4 Modelli di reazione all'informazione

Nella seguente sezione si riportano i risultati della specificazione e calibrazione di modelli di scelta riguardanti la propensione degli utenti del terminal a seguire o meno le informazioni erogate da un ipotetico sistema informativo centrale. Dato il ridotto numero di rispondenti che hanno dichiarato di volersi recare immediatamente ai gate e data la centralità e l'importanza maggiore delle prime due fasi di spostamento, gli step di spostamento considerati per la specificazione dei modelli sono:

1. Fase di spostamento Ingresso – Check-in;
2. Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza;

In queste fasi è stato chiesto agli utenti in merito alla disponibilità a rimandare o meno il check-in o i controlli di sicurezza a valle di un preciso input informativo.

Come si è evinto dall'analisi descrittiva l'impatto della prima informazione, sul comportamento dei passeggeri, è risultato nettamente rilevante rispetto al contributo delle altre informazioni. Questo ha condotto a focalizzare l'attenzione sulla reazione degli utenti rispetto all' primo messaggio informativo.

I modelli di scelta utilizzati per l'analisi dei determinanti, derivanti dalla teoria dell'utilità aleatoria, sono di due tipi:

1. Logit binomiale
2. Logit binomiale con variabile latente.

I modelli sono stati calibrati con l'ausilio del software Biogeme in versione Python.

4.4.1 Fase di spostamento Ingresso – Check-in

**Saresti disposto a rimandare il CHECK-IN e aspettare il tempo suggerito, se un sistema informativo ti fornisce la seguente informazione?**



51. \*

*Contrassegna solo un ovale.*

- SI, SEGUO IL CONSIGLIO *Passa alla domanda 55.*
- NO, MI METTO COMUNQUE IN CODA PER IL CHECK-IN *Passa alla domanda 52.*

*Fig. 45 Stralcio dell'indagine*

Per questo modello si sono considerati, oltre agli attributi socio-economici, anche degli attributi di costo, relativi agli intervalli di tempo  $t_{qC}$ ,  $t_{infoC}$  e  $t_{wC}$  dei quali ricordiamo la definizione:

- $t_{qC}$ . Tempo previsto di attesa in coda allo stato attuale;
- $t_{infoC}$ . Tempo suggerito per recarsi allo sportello;
- $t_{wC}$ . Tempo previsto di attesa in coda a valle di  $T_{infoC}$ .

#### Il campione

In questo modello, il campione di riferimento è costituito da tutti coloro che hanno dichiarato di voler effettuare subito il check-in una volta giunti all'aeroporto. Tale campione è composto da 177 soggetti, ai quali è stato chiesto se fossero stati disponibili a cambiare la loro scelta, quindi a non effettuare subito il check-in, a valle delle indicazioni ( $t_q$ ,  $t_{info}$ ,  $t_w$ ) fornite dal sistema informativo (S.I).

#### Insieme di scelta

Le alternative dell'insieme di scelta sono le seguenti:

- **Alt1** - Seguo il consiglio del sistema informativo e non effettuo subito il check-in.
- **Alt2** - Non seguo il consiglio del sistema informativo ed effettuo subito il check-in.

#### 4.4.1.1 Modello logit

##### Attributi

Per la scrittura delle funzioni di utilità, relative alle due scelte sono state considerate tutte le informazioni derivanti dall'indagine, relative alla specifica fase dello spostamento. A seguito del processo di calibrazione, adottando un processo di trial and error, sono stati selezionati solo alcuni degli attributi considerati sulla base di un certo grado di significatività statistica. Di tali attributi si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva.

Attributo	Significato	Tipo	SI	max	min
SEX	Genere (1= maschio 0= femmina)	Binaria		1	0
AGE	Età	Continua	Anni	73	19
EMP	Lavoratore dipendente (1=Lavoratore dipendente 0=altrimenti)	Binaria		1	0
SO	Effettuo acquisti on-line (1=si 0=no)	Binaria		1	0
MVA	Organizzi i tuoi viaggi tramite APP su smartphone e/o internet tradizionale (1=Organizzi i tuoi viaggi tramite APP su smartphone e/o internet tradizionale 0=altrimenti)	Binaria		1	0
ASU	Disponibilità ad utilizzare un'applicazione per smartphone per ricevere informazioni inerenti il viaggio, da casa fino all'imbarco. (1=si 0=no)	Binaria		1	0
NFY0	Viaggio saltuariamente (1=viaggio saltuariamente 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IU	Utilizzo internet frequentemente per ricerche voli, o per l'acquisto dei biglietti aerei (1=uso frequente di internet per volare 0=altrimenti)	Binaria		1	0
AANC	Arrivo in anticipo ad un aeroporto non usato abitualmente (0=DI SOLITO NON RISPETTO L'ORARIO CONSIGLIATO E ARRIVO DOPO; L'ORARIO CONSIGLIATO 1=arrivo in anticipo)	Binaria		1	0
VAANC	Valore dell'anticipo con il quale ci si reca ad un aeroporto dal quale non si vola abitualmente	Continua	min	120	0
IWCH	Importanza alta delle informazioni relative al Wayfinding per raggiungere i banchi check-in (1=Importanza Info Wayfinding Check-in Alta 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IIFSCH	Importanza alta delle informazioni relative allo stato del volo e la tempistica necessaria per svolgere le attività successive al check-in (1=Importanza Info Stato Volo Check-in Alta 0=altrimenti)	Binaria		1	0
$t_{qC}$	Tempo previsto di attesa in coda allo stato attuale al check-in([numerico])	Continua	min	30	10
$(t_{infoC} + t_{wC})$	Tempo suggerito per recarsi allo sportello più il tempo previsto di attesa in coda a valle di tinfo al check-in([numerico])	Continua	min	40	10

*Il modello*

Il modello adottato è un modello Logit binomiale. Le probabilità di scelta delle due alternative sono le seguenti:

$$P[Alt1] = \frac{e^{V[Alt1]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}} \quad P[Alt2] = \frac{e^{V[Alt2]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}}$$

La funzione di utilità

Le funzioni di utilità sono state così specificate:

- $V_c[Alt1] = \beta_{SEX}SEX + \beta_{AGE}AGE + \beta_{EMP}EMP + \beta_{SO}SO + \beta_{MVA}MVA + \beta_{ASU}ASU + \beta_{NFY0}NFY0 + \beta_{IU}IU + \beta_{AANC}AANC + \beta_{VAANC}VAANC + \beta_{IIWCH}IIWCH + \beta_{IIFSCH}IIFSCH$
- $V_c[Alt2] = \beta_{T_{qc}} \left( \frac{T_{qc}^{\lambda} - 1}{\lambda} \right) + \beta_{T_{infoC}+T_{wC}} (T_{infoC} + T_{wC})$

Calibrazione del modello

La calibrazione ha permesso di individuare il valore dei parametri nonché la loro significatività sulla base del t-test. Vengono riportati di seguito i risultati della calibrazione riassunti in una tabella nella quale è presente il valore iniziale e finale della verosimiglianza, il valore della  $\rho^2$ , il valore dei parametri associati agli attributi considerati, nonché il loro grado di significatività.

Gruppo	Nome	Valore	
		Seguo l'informazione	Non seguo l'informazione
Attributi socio-economici	Sex	<b>0.447</b> (+1.12)	
	Age	<b>-0.0346</b> (-2.07)	
	EMP	<b>-0.819</b> (-1.82)	
	NFY0	<b>0.99</b> (+1.98)	
Propensione all'uso delle tecnologie dell'informazione	SO	<b>1.54</b> (+1.72)	
	MVA	<b>0.796</b> (+1.74)	

Tendenze comportamentali e priorità informative	ASU	<b>1.64</b> (+2.89)
	IU	<b>-1.58</b> (-2.35)
	IIWCH	<b>-1.06</b> (-2.2)
	IIFSCH	<b>1.45</b> (+2.17)
	AANC	<b>-1.42</b> (-2.42)
	VAANC	<b>0.16</b> (+1.44)
Attributi di livello di servizio	$t_{qC}$	<b>-0.0038</b> (-1.2)
	$(t_{infoC} + t_{wC})$	<b>0.0283</b> (+1.12)

<b>Numero di osservazioni</b>	177
<b>Log-likelihood iniziale</b>	-122.687
<b>Log-likelihood finale</b>	-98.218
<b><math>\rho^2</math></b>	0.200

#### *Analisi dei risultati*

Gli attributi sono stati organizzati in quattro gruppi. Un primo gruppo fa riferimento alle caratteristiche socio-economiche del campione (genere, età, condizione professionale, numero di voli annuo). Il secondo gruppo invece racchiude quelle caratteristiche che descrivono il campione dal punto di vista della propensione all'uso delle tecnologie dell'informazione, non solo per organizzare i propri viaggi ma anche per espletare vicissitudini abituali come effettuare acquisti su store on-line. Nel terzo gruppo sono compresi sia quegli attributi che caratterizzano i comportamenti di scelta del campione in condizioni di parziale incertezza, sia quelli che evidenziano le esigenze informative degli individui nella specifica fase dello spostamento.

Nel quarto gruppo rientrano gli attributi di livello di servizio che fanno riferimento ai valori di  $t_{qc}$ ,  $t_{infoC}$   $t_{wc}$  (o a loro combinazioni e trasformazioni) già precedentemente descritti.

Negli attributi socio-economici è risultato significativo il genere; si è palesata una maggior propensione degli uomini a seguire i suggerimenti del sistema informativo. Il segno negativo dell'attributo legato all'età mostra come all'aumentare di questa diminuisce la propensione dell'utente a seguire le indicazioni del sistema informativo, come a rimarcare il fatto che una platea più giovane risulta tendenzialmente più orientata a fidarsi dei sistemi di informazione innovativi.

Significativo è risultato anche l'attributo relativo alla condizione professionale di lavoratore dipendente. Coloro i quali ricadono in tale tipo di occupazione sono meno disposti a rimandare il check-in

Un attributo, che si è mostrato alquanto significativo, è quello relativo alla poca esperienza dei passeggeri, intesa come numero di voli effettuati in un anno. Lo studio ha evidenziato che passeggeri meno abituati all'uso dell'aereo, sono più inclini a seguire il sistema informativo.

L'analisi svolta ha inoltre evidenziato una maggior inclinazione degli utenti che comprano beni in rete a rimandare il check-in. In un certo senso questo si può interpretare come un maggior grado di fiducia che l'utente ripone nella tecnologia e dei servizi informativi non face-to-face. Questa considerazione è in linea con il segno del parametro relativo alla modalità di organizzazione del viaggio in aereo. Tale attributo, oltre ad essere statisticamente significativo, presenta un segno positivo, ad indicare che maggiore è l'interazione con la tecnologia, più grande è il grado di confidenza tra questa e l'utente e più è probabile che esso si lasci convincere dalle indicazioni suggerite dal sistema informativo in questa fase dello spostamento.

Molto interessante è, inoltre, il segno negativo dell'attributo IU che esprime la tendenza degli utenti a utilizzare internet tanto per la ricerca dei voli, quanto per l'acquisto dei biglietti. L'analisi mostra infatti che un passeggero che effettua ricerche on line, organizza in autonomia il proprio viaggio e in definitiva ha più chiaro il contesto informativo in cui si muove è meno propenso a non seguire una

propria condotta comportamentale in seguito ad un messaggio informativo non in linea con le proprie abitudini di viaggio.

Un altro attributo considerato, che “misura” l’attitudine all’uso delle tecnologie dell’informazione per lo spostamento è quello relativo alla disponibilità, che dichiarano gli utenti, di utilizzare un’applicazione per smartphone per ricevere qualsiasi tipo di informazione inerente il viaggio, da casa fino all’imbarco. Lo studio dei dati ha mostrato, com’era lecito aspettarsi, che tale disponibilità si traduce in una maggiore tendenza a seguire le indicazioni del S.I.

L’importanza che l’utente assegna alle informazioni relative allo stato del volo e al wayfinding, nella prima fase dello spostamento, sono altri indicatori della disponibilità di cambiare idea, in merito alla possibilità di effettuare o meno il check-in. L’analisi ha infatti rilevato che gli utenti che giudicano molto importanti le informazioni sui ritardi e/o su eventuali nuovi orari di partenza del proprio volo sono più influenzati dal sistema informativo, mentre coloro che giudicano importanti le informazioni sulla segnaletica fissa o dinamica, sono meno propensi a seguire le indicazioni del sistema informativo.

Particolare attenzione va posta al comportamento dell’utente quando questo si trova a partire da un aeroporto dal quale non vola abitualmente. Infatti l’esame dei dati ha palesato che gli utenti che arrivano in anticipo al terminal sono meno disposti a seguire il sistema informativo. Questa circostanza può essere spiegata ammettendo che lo stato d’ansia che spinge l’utente a recarsi all’aeroporto in anticipo, rispetto all’orario consigliato, lo spinge, a sua volta, a mettersi subito in coda al check-in non prendendo in considerazione altre alternative sebbene il sistema informativo lo rassicuri in merito ai tempi necessari per espletare la procedura di registrazione. Quindi l’utente ansioso, che, rispetto all’orario consigliato, arriva in anticipo all’aeroporto, dal quale non vola abitualmente, è meno portato a fidarsi dei suggerimenti del sistema informativo.

In maniera controintuitiva l’attributo relativo al valore dell’anticipo presenta un segno positivo. Stando ai risultati dell’analisi, maggiore è il valore dell’anticipo e maggiore è la propensione dell’utente ad assecondare le indicazioni del S.I. Sebbene

questo risultato si presenta in apparente contrapposizione al risultato precedente ciò può essere così spiegato: sebbene l'utente ansioso arrivi in anticipo al terminal, e sia portato a mettersi subito in coda al check-in, quando l'entità dell'anticipo è rilevante esso potrebbe decidere, con più tranquillità, di seguire i consigli del sistema informativo e rimandare il momento per mettersi in coda.

È bene chiarire che il peso degli attributi omologhi è stato misurato anche nel caso di uso di un aeroporto comunemente utilizzato, ma i parametri individuati non hanno mostrato la necessaria significatività.

In ultima istanza consideriamo gli attributi di livello di servizio.

Sono state provate diverse specificazioni della funzione di utilità al fine di investigare la probabile, diversa, percezione degli attributi temporali che influenzano la scelta di seguire o meno i suggerimenti del sistema informativo. Pur considerando la linearità dei parametri  $\beta_i$  per gli attributi di livello di servizio sono state studiate le seguenti trasformazioni:

- Lineare
- Box-Cox

È bene precisare che, per qualunque specificazione, gli attributi sono significativi, quindi da un punto di vista della bontà del modello (in termini di  $\rho^2$  e di t-test) i risultati delle diverse specificazioni sono confrontabili.

Molto interessante è apparsa la trasformazione Box-Cox dell'attributo  $t_{qC}$ . La calibrazione simultanea del coefficiente  $\lambda$  della trasformazione e del parametro  $\beta$  corrispondente ha palesato la percezione non lineare dell'attributo (infatti il coefficiente  $\lambda$  assume valore maggiore di 1). Inoltre adottando un valore di  $\lambda$  pari a 1.8 si è riuscita a massimizzare la significatività degli attributi di LdS.

Per maggior completezza sono state effettuate prove di sensibilità del modello facendo variare  $\lambda$  da valori di -3 a 3 per step di 0.1. Per valori positivi di  $\lambda$  i modelli Box-Cox risultano simili in termini di  $\rho^2$  e di significatività dei parametri, ma si è ritenuto più opportuno, come sopra detto, utilizzare quel valore di  $\lambda$  che massimizzasse la significatività dell'attributo associato.

Sono state provate anche delle trasformazioni logaritmiche ed esponenziali degli attributi di costo, ma con l'unico risultato di abbassare la significatività di alcuni attributi e riduzioni del valore di  $\rho^2$ .

In definitiva, considerando la bontà dei risultati, la potenza riproduttiva del modello e la capacità di evidenziare percezioni non lineari del tempo di attesa si è scelto di adottare una specificazione della funzione di utilità che prevedesse una trasformazione Box-Cox dell'attributo  $t_{qC}$ , con un valore di  $\lambda$  pari a 1.8, mentre si è conservata la forma lineare dell'attributo  $t_{infoC} + t_{wC}$ .

Riportiamo di seguito la specificazione della funzione di utilità per l'alternativa "Non seguo l'informazione del sistema informativo".

$$V_C[Alt2] = \beta_{t_{qC}} \left( \frac{t_{qC}^{1.8} - 1}{1.8} \right) + \beta_{t_{infoC} + t_{wC}} (t_{infoC} + t_{wC})$$

Il parametro di  $t_{qC}$  (tempo previsto di attesa in coda allo stato attuale) si presenta con segno negativo, a dimostrazione del fatto che maggiore è il tempo di attesa attuale e maggiore è l'inclinazione degli utenti a rimandare il check-in. Non deve inoltre meravigliare il segno positivo del parametro relativo all'attributo  $t_{infoC} + t_{wC}$ . E' comprensibile infatti come elevati tempi suggeriti per mettersi in coda e tempi di attesa (a valle di  $t_{info}$ ) rilevanti rendano meno allettante la prospettiva di assecondare le indicazioni del sistema informativo.

Di seguito riportiamo il confronto tra le funzioni  $V_C^*[Alt2]_{BoxCox} = \left( \beta_{t_{qC}} \right)_{BoxCox} \left( \frac{t_{qC}^{1.8}}{1.8} \right)$  e  $V_C^*[Alt2]_{Lineare} = \left( \beta_{t_{qC}} \right)_{Lineare} t_{qC}$  che rappresentano il contributo alla funzione di utilità  $V_C[Alt2]$  apportato dall'attributo  $t_{qC}$  rispettivamente nella specificazione BoxCox e in quella lineare:

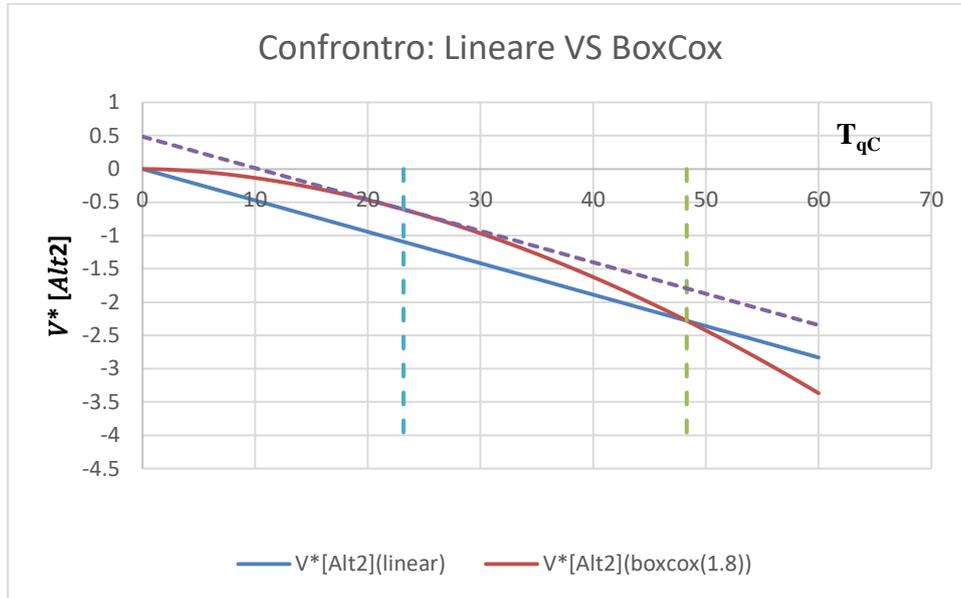


Fig. 46 Confronto tra specificazione lineare e specificazione Box-Cox

Possiamo notare che il peso del attributo, all'interno del range di valori investigati ( $t_{qc} < 30$  minuti) è minore (in valore assoluto) per la trasformazione Box-Cox rispetto all'utilizzo lineare dell'attributo. Questo sta a dimostrare che per valori bassi di  $t_{qc}$  l'attributo è poco determinante (rispetto al modello lineare) al fine di seguire il suggerimento del S.I, ma, stando alla previsione del modello, diventa rilevante per valori superiori ai 40 minuti.

Per valori di  $t_{qc}$  maggiori di 23 minuti, l'attributo cresce più che linearmente

La trasformazione Box-Cox suggerisce dunque che bassi valori di  $t_{qc}$  influenzano in misura minore, rispetto al modello lineare, la scelta di non effettuare subito il check-in, ma la condizionano fortemente per alti valori (maggiori di 48 minuti)

Riportiamo di seguito un diagramma che mette in luce l'importanza dei diversi attributi. Tale importanza è espressa dal parametro  $\mu$  che è pari al valore dei parametri dei singoli attributi pesato rispetto al tempo speso in coda.

$$\mu_i = \frac{\beta_i}{\beta_{T_{qc}} \frac{t_{qc}^\lambda}{\lambda}} ; \quad t_{qc} = 10, 20, 30 \text{ min}$$

Siccome si è ipotizzato un andamento non lineare dell'attributo  $t_{qc}$ , il peso degli attributi è stato valutato rapportando il valore dei singoli coefficienti di reciproca sostituzione all'aliquota di utilità, generata da  $t_{qc}$  pari a 10, 20 e 30 minuti.

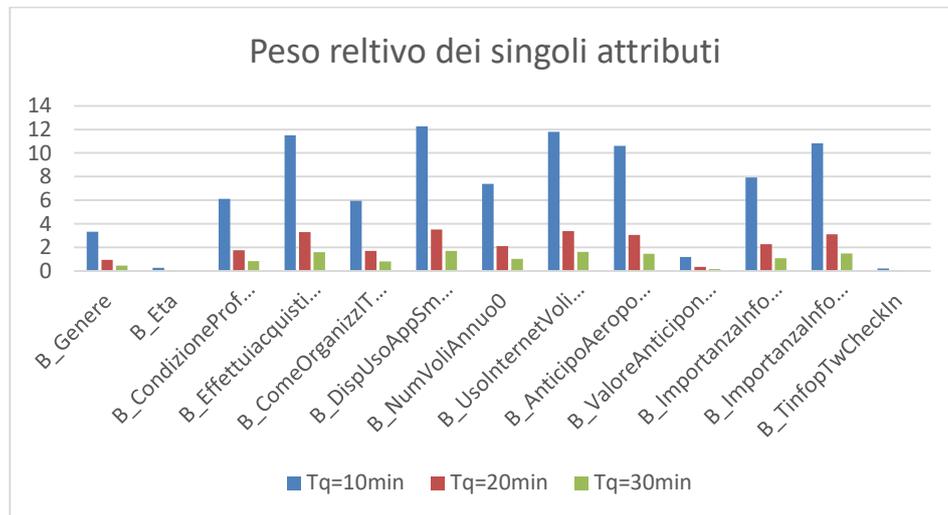


Fig. 47 *Peso relativo dei singoli attributi*

Come possiamo notare dal grafico, per il campione investigato, l'attributo relativo alla disponibilità di utilizzare un'app per smartphone è il fattore che maggiormente incide sulla scelta.

Inoltre notiamo che per valori di  $t_{qc}$  maggiori di 20 minuti, il peso relativo degli attributi decresce più che linearmente.

Il modello così ottenuto è stato validato sugli stessi dati utilizzati per la calibrazione. I risultati della validazione hanno mostrato che quasi nel 71% dei casi, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello.

#### 4.4.1.2 Modello Ibrido con Variabile latente

##### Definizione delle variabili latenti

A seguito delle procedure di calibrazione è stata individuata come variabile latente (di seguito indicato con Z1) l'intrinseco bisogno di informazione avvertito dagli

utenti del sistema. La specificazione è stata possibile grazie alla presenza nel questionario di domande che presupponevano la manifestazione, attraverso opportuni indicatori, di tale variabile latente.

#### Definizione degli indicatori

Sono stati individuati 2 indicatori. Gli indicatori rappresentano il grado di importanza, in una scala che va da 1 (bassa importanza) a 4 (alta importanza), in merito ad alcuni attributi ipotizzati dipendenti dalla variabile latente considerata. Quindi se la variabile latente non è osservabile in quanto tale, gli indicatori sono misurabili e rappresentano un'espressione della variabile latente stessa.

Nome indicatore	Domanda	Scala
I <sub>4_z1</sub>	Come giudichi l'importanza di ricevere informazioni su...Documentazione, limitazioni bagagli, norme comportamentali etc.?	1,2,3,4
I <sub>7_z1</sub>	Come giudichi l'importanza di ricevere informazioni su...Come prepararsi ai controlli di sicurezza?	1,2,3,4

#### Attributi

Per la scrittura delle funzioni di utilità e del modello a variabili latenti sono state considerate tutte le informazioni derivanti dall'indagine, relative alla specifica fase dello spostamento. A seguito del processo di calibrazione, adottando un processo di trial and error, sono stati selezionati solo alcuni degli attributi considerati sulla base di un certo grado di significatività statistica. Di tali attributi si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva.

Attributo	Nome	Significato	Tipo	SI	max	min
SEX	X1	Genere (1= maschio; 0= femmina)	Binaria		1	0
AGE	X2	Età	Continua	anni	73	19
EMP	X3	Lavoratore dipendente (1=Lavoratore dipendente; 0=altrimenti)	Binaria		1	0
SO	X4	Effettuo acquisti on-line (1=si; 0=no)	Binaria		1	0
MVA	X5	Organizzi i tuoi viaggi tramite APP su smartphone e/o internet tradizionale (1=Organizzi i tuoi viaggi tramite APP su smartphone e/o internet tradizionale; 0=altrimenti)	Binaria		1	0

ASU	X6	Disponibilità ad utilizzare un'applicazione per smartphone per ricevere informazioni inerenti il viaggio, da casa fino all'imbarco. (1=si;0=no)	Binaria	1	0
NFY0	X7	Viaggio saltuariamente (1=viaggio saltuariamente 0=altrimenti)	Binaria	1	0
IU	X8	Utilizzo internet frequentemente per ricerche voli, o per l'acquisto dei biglietti aerei (1=uso frequente di internet per volare; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
AANC	X9	Arrivo in anticipo ad un aeroporto non usato abitualmente (0= di solito non rispetto l'orario consigliato e arrivo dopo;1=arrivo in anticipo)	Binaria	1	0
VAANC	X10	Valore dell'anticipo con il quale ci si reca ad un aeroporto dal quale non si vola abitualmente	Continua	min 120	0
IIWCH	X11	Importanza alta delle informazioni relative al Wayfinding per raggiungere i banchi check-in (1=Importanza Info Wayfinding Check-in Alta; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
IIFSCH	X12	Importanza alta delle informazioni relative allo stato del volo e la tempistica necessaria per svolgere le attività successive al check-in (1=Importanza Info Stato Volo Check-in Alta; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
AGE50-80	X13	Età compresa tra i 50 e i 80 anni (1=50<età<8;0; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
LMFT	X14	Motivo di spostamento più frequente svago (1=motivo di spostamento più frequente svago; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
FALT	X15	Compagnia aerea preferita tradizionale (1=Compagnia aerea preferita tradizionale; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
IPTA	X16	Raccolgo informazioni sull'aeroporto di partenza (1=si; 0=no)	Binaria	1	0
NFY_inf1	X17	Viaggio saltuariamente (1=meno di un viaggio all'anno;0=altrimenti)	Binaria	1	0
CIOLWH	X18	Quando viaggi con bagaglio a mano, in genere che tipo di check-in effettui? (1=Check-in on Line; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
t <sub>qC</sub>	X19	Tempo previsto di attesa in coda allo stato attuale al check-in([numerico])	Continua	min 30	10

$(t_{\text{infoC}} + t_{\text{wC}})$	$X20$	Tempo suggerito per recarsi allo sportello più il tempo previsto di attesa in coda a valle di tinfo al check-in([numerico])	Continua min 40 10
--------------------------------------	-------	---	--------------------

Il modello

Il modello adottato è un modello Logit binomiale. Le probabilità di scelta delle due alternative sono le seguenti:

$$P[Alt1] = \frac{e^{V[Alt1]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}} \quad P[Alt2] = \frac{e^{V[Alt2]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}}$$

Riportiamo di seguito le equazioni strutturali e di misura del modello

- Il modello di scelta

$$V_c [Alt1] = \beta_{SEX} * SEX + \beta_{AGE} * AGE + \beta_{EMP} * EMP + \beta_{SO} * SO + \beta_{MVA} * MVA + \beta_{ASU} * ASU + \beta_{NFY0} * NFY0 + \beta_{IU} * IU + \beta_{AANC} * AANC + \beta_{VAANC} * VAANC + \beta_{IIWCH} * IIWCH + \beta_{IIFSCH} * IIFSCH + \beta_{Z1} * Z1$$

$$V_c [Alt2] = \beta_{t_{qc}} \left( \frac{t_{qc}^\lambda - 1}{\lambda} \right) + \beta_{t_{\text{infoC}} + t_{\text{wC}}} (t_{\text{infoC}} + t_{\text{wC}})$$

- Modello di variabile latente

$$Z_1 = \beta_{AGE50\_80} * AGE50\_80 + \beta_{LMTF} * LMTF + \beta_{FALT} * FALT + \beta_{IPTA} * IPTA + \beta_{NFY_{\text{inf1}}} * NFY_{\text{inf}} + \beta_{CIOLWH} * CIOLWH + \beta_{OMEGA} * OMEGA$$

- Equazioni di misura
- $I_4 = \beta_{I4Z1} * Z_1 + v$
- $I_7 = \beta_{I7Z1} * Z_1 + v$

La figura sottostante rappresenta un framework del modello di scelta

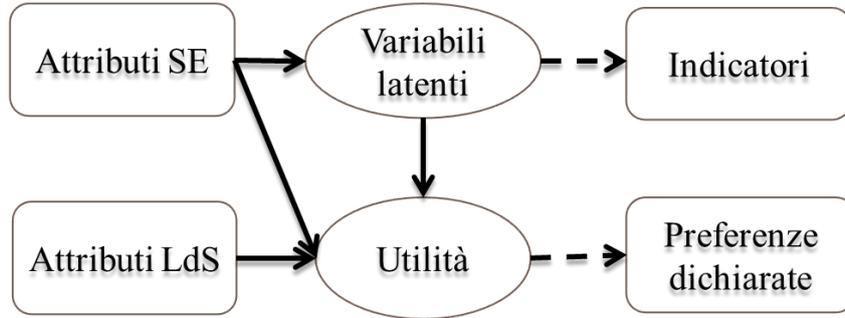


Fig. 48 Framework del modello di scelta

La figura sottostante evidenzia le relazioni che sussistono tra variabili, attributi e indicatori

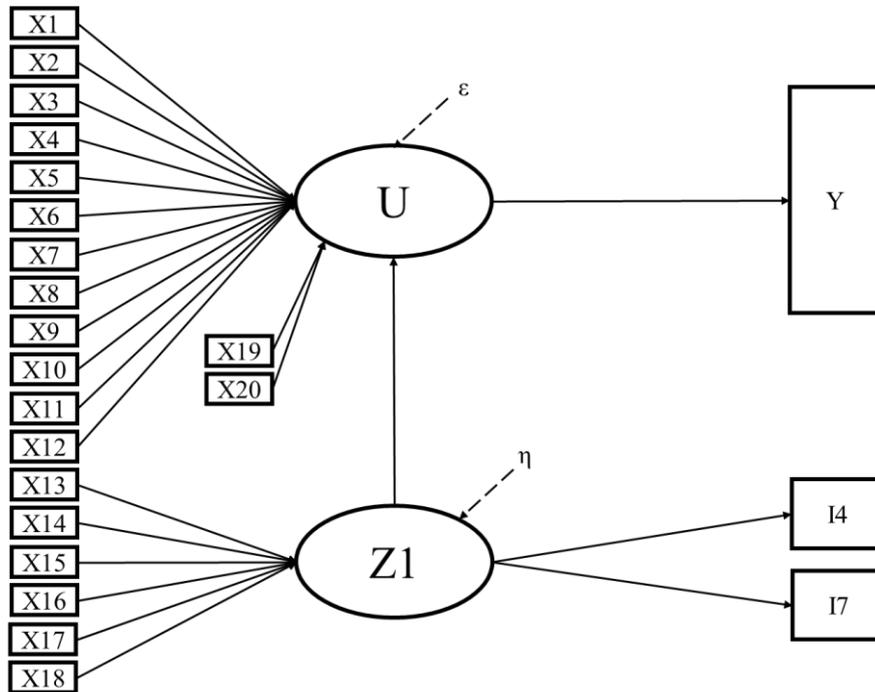


Fig. 49 relazioni tra variabili, attributi e indicatori

Calibrazione del modello

La calibrazione ha permesso di individuare il valore dei parametri nonché la loro significatività sulla base del t-test. Vengono riportati di seguito i risultati della calibrazione riassunti in una tabella nella quale è riportato il valore iniziale e finale della verosimiglianza, il valore della  $\rho^2$ , il valore dei parametri associati agli attributi considerati, nonché il loro grado di significatività.

- Modello di scelta

Gruppo	Nome	Valore	
		Seguo l'informazione	Non seguo l'informazione
Attributi socio-economici	SEX	<b>0.487</b> (+1.21)	
	AGE	<b>-0.0383</b> (-2.24)	
	EMP	<b>-0.83</b> (-1.83)	
	NFY0	<b>0.916</b> (+1.79)	
Propensione all'uso delle tecnologie dell'informazione	SO	<b>1.47</b> (+1.63)	
	MVA	<b>0.836</b> (+1.80)	
	ASU	<b>1.56</b> (+2.72)	
	IU	<b>-1.58</b> (-2.32)	
Tendenze comportamentali e priorità informative	IIWCH	<b>-1.14</b> (-2.30)	
	IIFSCH	<b>1.41</b> (+2.05)	
	AANC	<b>-1.51</b> (-2.40)	
	VAANC	<b>0.182</b> (+1.36)	
	$t_{qc}$		<b>-0.00384</b>

Attributi di livello di servizio		<i>(-1.21)</i>
	$(t_{\text{infoC}} + t_{\text{wC}})$	<b>0.0313</b>
		<i>(+1.22)</i>
Variabile latente	Z1	<b>0.528</b>
		<i>(+1.18)</i>

- Modello di variabile latente

Nome	Valore
AGE50-80	<b>0.14</b> <i>(+1.07)</i>
LMFT	<b>0.383</b> <i>(+4.37)</i>
FALT	<b>0.267</b> <i>(+3.18)</i>
IPTA	<b>0.186</b> <i>(+2.11)</i>
NFY_infl	<b>0.249</b> <i>(+2.67)</i>
CIOLWH	<b>0.303</b> <i>(+3.61)</i>

- Modello di misura

Nome	Valore
I4_z1	<b>1.41</b> <i>(+4.94)</i>
I7_z1	<b>2.07</b> <i>(+5.02)</i>

<b>Numero di osservazioni</b>	177
<b>Log-likelihood iniziale</b>	-1462.11
<b>Log-likelihood finale</b>	-532.215

$$\underline{\rho^2} \qquad \qquad \qquad 0.636$$

Analisi dei risultati

Com'è possibile notare gli attributi significativi utilizzati per calibrare il modello di compliance, con l'introduzione della variabile latente, sono gli stessi (fatta eccezione della Z1) della specificazione precedente ed inoltre conservano gli stessi segni. Per semplicità quindi di seguito si riportano le medesime considerazioni fatte in precedenza.

Gli attributi sono stati organizzati in quattro gruppi. Un primo gruppo fa riferimento alle caratteristiche socio-economiche del campione (genere, età, condizione professionale, numero di voli annuo). Il secondo gruppo invece racchiude quelle caratteristiche che descrivono il campione dal punto di vista della propensione all'uso delle tecnologie dell'informazione, non solo per organizzare i propri viaggi ma anche per espletare vicissitudini abituali come effettuare acquisti su store on-line. Nel terzo gruppo sono compresi sia quegli attributi che caratterizzano i comportamenti di scelta del campione in condizioni di parziale incertezza, sia quelli che evidenziano le esigenze informative degli individui nella specifica fase dello spostamento.

Nel quarto gruppo rientrano gli attributi di livello di servizio che fanno riferimento ai valori di  $t_{qc}$ ,  $t_{infoC}$ ,  $t_{wC}$  (o a loro combinazioni e trasformazioni) già precedentemente descritti.

Il quinto gruppo contiene unicamente la variabile latente Z1.

Negli attributi socio-economici è risultato significativo il genere; si è palesata una maggior propensione degli uomini a seguire i suggerimenti del sistema informativo. Il segno negativo dell'attributo legato all'età mostra come all'aumentare di questa diminuisce la propensione dell'utente a seguire le indicazioni del sistema informativo, come a rimarcare il fatto che una platea più giovane risulta tendenzialmente più orientata a fidarsi dei sistemi di informazione innovativi.

Significativo è risultato anche l'attributo relativo alla condizione professionale di lavoratore dipendente. Coloro i quali, ricadono in tale tipo di occupazione sono meno disposti a rimandare il check-in.

Un attributo, che si è mostrato alquanto significativo, è quello relativo alla poca esperienza dei passeggeri, intesa come numero di voli effettuati in un anno. Lo studio ha evidenziato che passeggeri meno abituati all'uso dell'aereo, sono più inclini a seguire il sistema informativo.

L'analisi svolta ha inoltre evidenziato una maggior inclinazione degli utenti che comprano beni in rete a rimandare il check-in. In un certo senso questo si può interpretare come un maggior grado di fiducia che l'utente ripone nella tecnologia e dei servizi informativi non face-to-face. Questa considerazione è in linea con il segno del parametro relativo alla modalità di organizzazione del viaggio in aereo. Tale attributo, oltre ad essere statisticamente significativo, presenta un segno positivo, ad indicare che maggiore è l'interazione con la tecnologia, più grande è il grado di confidenza tra questa e l'utente e più è probabile che esso si lasci convincere dalle indicazioni suggerite dal sistema informativo in questa fase dello spostamento.

Molto interessante è, inoltre, il segno negativo dell'attributo IU che esprime la tendenza degli utenti a utilizzare internet tanto per la ricerca dei voli, quanto per l'acquisto dei biglietti. L'analisi mostra infatti che un passeggero che effettua ricerche on line, che organizza in autonomia il proprio viaggio e che in definitiva ha più chiaro il contesto informativo in cui si muove è meno propenso a non seguire una propria condotta comportamentale a valle di un messaggio informativo non in linea con le proprie abitudini di viaggio.

Un altro attributo considerato, che "misura" l'attitudine all'uso delle tecnologie dell'informazione per lo spostamento è quello relativo alla disponibilità, che dichiarano gli utenti, di utilizzare un'applicazione per smartphone per ricevere qualsiasi tipo di informazione inerente il viaggio, da casa fino all'imbarco. Lo studio dei dati ha mostrato, com'era lecito aspettarsi, che tale disponibilità si traduce in una maggiore tendenza a seguire le indicazioni del S.I.

L'importanza che l'utente assegna alle informazioni relative allo stato del volo e al wayfinding, nella prima fase dello spostamento, sono altri indicatori della disponibilità di cambiare idea, in merito alla possibilità di effettuare o meno il check-in. L'analisi ha infatti rilevato che gli utenti che giudicano molto importanti le informazioni sui ritardi e/o su eventuali nuovi orari di partenza del proprio volo sono più influenzati dal sistema informativo, mentre coloro che giudicano importanti le informazioni sulla segnaletica fissa o dinamica, sono meno propensi a seguire i sistemi del sistema informativo.

Particolare attenzione va posta al comportamento dell'utente quando questo si trova a partire da un aeroporto dal quale non vola abitualmente. L'esame dei dati ha infatti palesato che gli utenti che arrivano in anticipo al terminal sono meno disposti a seguire il sistema informativo. Questa circostanza può essere spiegata ammettendo che lo stato d'ansia che spinge l'utente a recarsi all'aeroporto in anticipo, rispetto all'orario consigliato, lo spinge, a sua volta, a mettersi subito in coda al check-in non prendendo in considerazione altre alternative sebbene il sistema informativo lo rassicuri in merito ai tempi necessari per espletare la procedura di registrazione. Quindi l'utente ansioso, che, rispetto all'orario consigliato, arriva in anticipo all'aeroporto, dal quale non vola abitualmente, è meno portato a fidarsi dei suggerimenti del sistema informativo.

In maniera controintuitiva l'attributo relativo al valore dell'anticipo presenta un segno positivo. Quindi, stando ai risultati dell'analisi, maggiore è il valore dell'anticipo e maggiore è la propensione dell'utente ad assecondare le indicazioni del S.I. Sebbene questo risultato si presenta in apparente contrapposizione al risultato precedente questo può essere così spiegato: sebbene l'utente ansioso arrivi in anticipo al terminal, e sia portato a mettersi subito in coda al check-in, quando l'entità dell'anticipo è rilevante esso potrebbe decidere, con più tranquillità d'animo, di seguire i consigli del sistema informativo e rimandare il momento per mettersi in coda.

È bene chiarire che il peso degli attributi omologhi è stato misurato anche nel caso di uso di un aeroporto comunemente utilizzato, ma i parametri individuati non hanno mostrato la necessaria significatività.

Come possiamo notare dalla calibrazione, la variabile latente  $Z_1$  che indica l'intrinseco bisogno di informazioni ha mostrato segno positivo. Quindi maggiore è tale bisogno e maggiore è la propensione dell'utente a seguire le indicazioni del sistema. Inoltre sia gli attributi del modello di variabile latente che gli attributi delle equazioni di misura sono positivi. Questo sta ad indicare che, nel modello di variabile latente la presenza degli attributi considerati implica un valore più alto della  $Z_1$  che a sua volta e positivamente correlata agli attributi attraverso cui essa si manifesta.

In ultima istanza consideriamo gli attributi di livello di servizio.

Sono state provate diverse specificazioni della funzione di utilità al fine di investigare la probabile, diversa, percezione degli attributi temporali che influenzano la scelta di seguire o meno i suggerimenti del sistema informativo. Pur considerando la linearità dei parametri  $\beta_i$  per gli attributi di livello di servizio sono state studiate le seguenti trasformazioni:

- Lineare
- Box-Cox

È bene precisare che, per qualunque specificazione, gli attributi sono significativi, quindi da un punto di vista della bontà del modello (in termini di  $\rho^2$  e di t-test) i risultati delle diverse specificazioni sono confrontabili.

Molto interessante è apparsa la trasformazione Box-Cox dell'attributo  $t_{qC}$ . La calibrazione simultanea del coefficiente  $\lambda$  della trasformazione e del parametro  $\beta$  corrispondente ha palesato la percezione non lineare dell'attributo (infatti il coefficiente  $\lambda$  assume valore maggiore di 1). Inoltre adottando un valore di  $\lambda$  pari a 1.8 si è riuscita a massimizzare la significatività degli attributi di LdS.

Per maggior completezza sono state effettuate prove di sensibilità del modello facendo variare  $\lambda$  da valori di -3 a 3 per step di 0.1. Per valori positivi di  $\lambda$  i modelli Box-Cox risultano simili in termini di  $\rho^2$  e di significatività dei parametri, ma si è

ritenuto più opportuno, come sopra detto, utilizzare quel valore di  $\lambda$  che massimizzasse la significatività dell'attributo associato.

Sono state provate anche delle trasformazioni logaritmiche ed esponenziali degli attributi di costo, ma con l'unico risultato di abbassare la significatività di alcuni attributi e riduzioni del valore di  $\rho^2$ .

In definitiva, stando la bontà dei risultati, la potenza riproduttiva del modello e la capacità di evidenziare percezioni non lineari del tempo di attesa si è scelto di adottare una specificazione della funzione di utilità che prevedesse una trasformazione Box-Cox dell'attributo  $t_{qC}$ , con un valore di  $\lambda$  pari a 1.8, mentre si è conservata la forma lineare dell'attributo  $t_{infoC} + t_{wC}$ .

Riportiamo di seguito la specificazione della funzione di utilità per l'alternativa "Non seguo l'informazione del sistema informativo".

$$V_C[Alt2] = \beta_{t_{qC}} \left( \frac{t_{qC}^{1.8} - 1}{1.8} \right) + \beta_{t_{infoC} + t_{wC}} (t_{infoC} + t_{wC})$$

Il parametro di  $t_{qC}$  (tempo previsto di attesa in coda allo stato attuale) si presenta con segno negativo, a dimostrazione del fatto che maggiore è il tempo di attesa attuale e maggiore è l'inclinazione degli utenti a rimandare il check-in. Non deve inoltre meravigliare il segno positivo del parametro relativo all'attributo  $t_{infoC} + t_{wC}$  d'altra parte è comprensibile come elevati tempi suggeriti per mettersi in coda e tempi di attesa (a valle di  $t_{info}$ ) rilevanti rendano meno allettante la prospettiva di assecondare le indicazioni del sistema informativo.

Di seguito riportiamo il confronto tra le funzioni  $V_C^*[Alt2]_{BoxCox} = \left( \beta_{t_{qC}} \right)_{BoxCox} \left( \frac{t_{qC}^{1.8}}{1.8} \right)$  e  $V_C^*[Alt2]_{Lineare} = \left( \beta_{t_{qC}} \right)_{Lineare} t_{qC}$  che rappresentano il contributo alla funzione di utilità  $V_C[Alt2]$  apportato dall'attributo  $t_{qC}$  rispettivamente nella specificazione Box-Cox e in quella lineare:

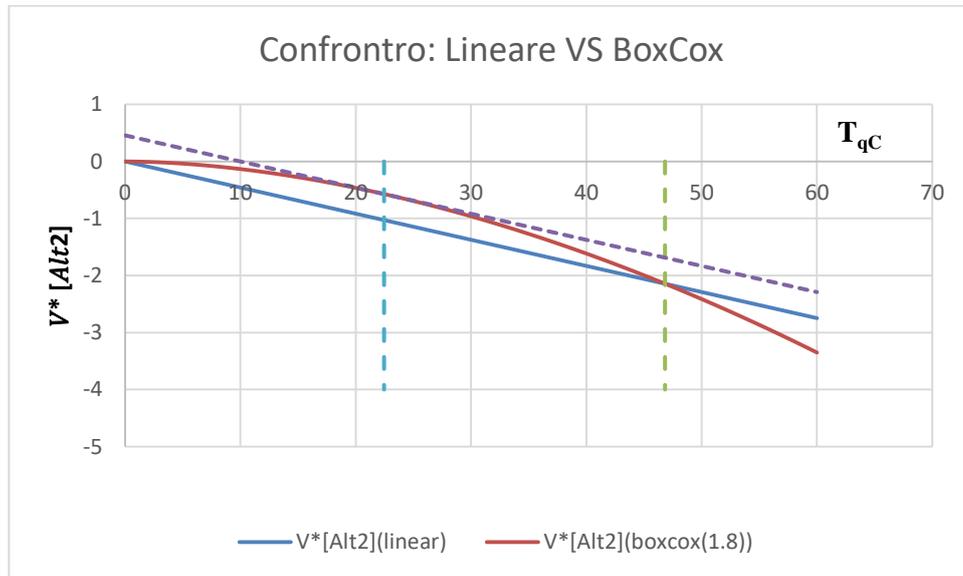


Fig. 50 Confronto tra specificazione lineare e specificazione Box-Cox

Possiamo notare che il peso dell'attributo, all'interno del range di valori investigati ( $t_{qc} < 30$  minuti) è minore (in valore assoluto) per la trasformazione Box-Cox rispetto all'utilizzo lineare dell'attributo. Questo sta a dimostrare che per valori bassi di  $t_{qc}$  l'attributo è poco determinante (rispetto al modello lineare) al fine di seguire il suggerimento del S.I, ma, stando alla previsione del modello, diventa rilevante per valori superiori ai 46 minuti.

Per valori di  $t_{qc}$  maggiori di 22 minuti, l'attributo cresce più che linearmente

La trasformazione Box-Cox suggerisce dunque che bassi valori di  $t_{qc}$  influenzano in misura minore, rispetto al modello lineare, la scelta di non effettuare subito il check-in, ma la condizionano fortemente per alti valori (maggiori di 46 minuti)

Riportiamo di seguito un diagramma che mette in luce l'importanza dei diversi attributi. Tale importanza è espressa dal parametro  $\mu$  che è pari al valore dei parametri dei singoli attributi pesato rispetto al tempo speso in coda.

$$\mu_i = \frac{\beta_i}{\beta_{T_{qc}} \frac{t_{qc}^\lambda}{\lambda}}; \quad t_{qc} = 10, 20, 30 \text{ min}$$

Dato che si è ipotizzato un andamento non lineare del attributo  $t_{qC}$ , il peso degli attributi è stato valutato rapportando il valore dei singoli coefficienti di reciproca sostituzione all'aliquota di utilità, generata da  $t_{qC}$  pari a 10, 20 e 30 minuti.

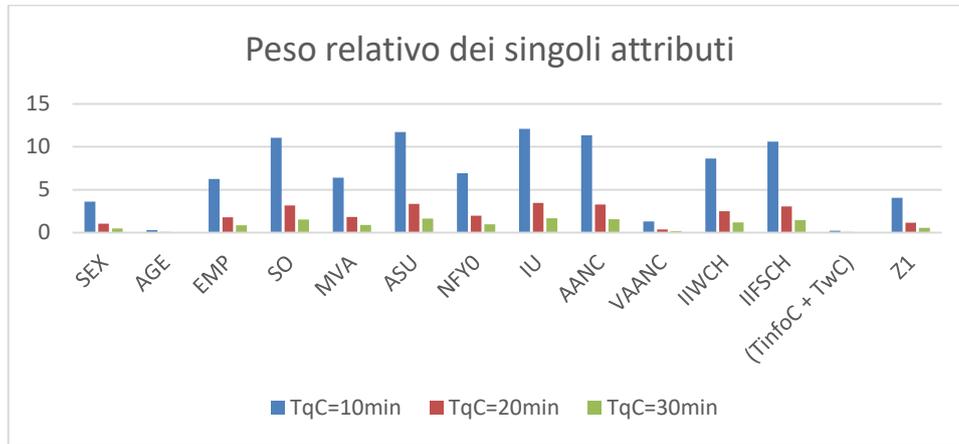


Fig. 51 Peso relativo dei singoli attributi

Come possiamo notare dal grafico, per il campione investigato, il peso dell'attributo relativo alla frequenza di utilizzo di internet per le ricerca di voli (IU) è il fattore che maggiormente influenza la scelta.

Inoltre notiamo che per valori di  $t_{qC}$  maggiori di 20 minuti, il peso relativo degli attributi decresce più che linearmente.

Il modello così ottenuto è stato validato sugli stessi dati utilizzati per la calibrazione. I risultati della validazione hanno mostrato che quasi nel 71% dei casi, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello.

#### 4.4.2 Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza

**MANCANO 50 MINUTI ALL'IMBARCO, Se il sistema informativo ti fornisce la seguente informazione**

---



**saresti disposto a rimandare i controlli di sicurezza e aspettare il tempo suggerito?**

---

59. \*

*Contrassegna solo un ovale.*

- SI, SEGUO IL CONSIGLIO *Passa alla domanda 63.*
- NO, MI METTO IN CODA PER I CONTROLLI DI SICUREZZA *Passa alla domanda 60.*

*Fig. 52 Stralcio dell'indagine*

Per questo modello si sono considerati, oltre agli attributi socio-economici, anche degli attributi di costo, relativi agli intervalli di tempo  $t_{qCS}$ ,  $t_{infoCS}$  e  $t_{wCS}$  dei quali ricordiamo la definizione:

- $t_{qCS}$ . Tempo previsto di attesa in coda allo stato attuale ;
- $t_{infoCS}$ . Tempo suggerito per recarsi allo sportello;
- $t_{wCS}$ . Tempo previsto di attesa in coda a valle di  $t_{infoCS}$ .

#### Il campione

In questo secondo modello, il campione di riferimento è costituito da tutti coloro che hanno dichiarato di voler espletare, immediatamente a valle della registrazione, le operazioni di controllo. Tale campione è composto da 110 soggetti, ai quali è stato chiesto se fossero stati disponibili a cambiare la loro scelta, quindi a non effettuare subito i controlli, a valle delle indicazioni ( $t_{qCS}$ ,  $t_{infoCS}$ ,  $t_{wCS}$ .) fornite dal sistema informativo (S.I).

#### Insieme di scelta

Le alternative dell'insieme di scelta sono le seguenti:

- **Alt1** - Seguo il consiglio del sistema informativo e non effettuo subito i controlli di sicurezza.
- **Alt2** - Non seguo il consiglio del sistema informativo ed effettuo subito i controlli di sicurezza.

#### 4.4.2.1 Modello logit

##### Attributi

Attributo	Significato	Tipo	SI	max	min
AGE	Età	Continua	anni	73	19
ASU	Disponibilità ad utilizzare un'applicazione per smartphone per	Binaria		1	0

	ricevere informazioni inerenti il viaggio, da casa fino all'imbarco. (1=si; 0=no)				
NFY0	Viaggio saltuariamente (1=viaggio saltuariamente; 0=altrimenti)	Binaria		1	0
LMFT	Motivo di spostamento più frequente (svago) (1=motivo di spostamento più frequente svago; 0=altrimenti)	Binaria		1	0
WHL	Bagaglio a mano usualmente utilizzato per il motivo di spostamento lavoro (1=Bagaglio a mano (lavoro); 0=altrimenti)	Binaria		1	0
LHL	Bagaglio a mano usualmente utilizzato per il motivo di spostamento svago (1=Bagaglio a mano (svago); 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IU	Utilizzo internet frequente per ricerche voli, o per l'acquisto dei biglietti aerei (1=uso frequente di internet per volare; 0=altrimenti)	Binaria		1	0
AANC	Arrivo in anticipo ad un aeroporto non usato abitualmente (0=DI SOLITO NON RISPETTO L'ORARIO CONSIGLIATO E ARRIVO DOPO; L'ORARIO CONSIGLIATO; 1=arrivo in anticipo)	Binaria		1	0
IWCSH	Importanza delle informazioni di Wayfinding per raggiungere i controlli di sicurezza (fase controlli di sicurezza) (1=Importanza Info Wayfinding Alta CS; 0=altrimenti)	Binaria		1	0
t <sub>infoCS</sub>	Tempo suggerito per recarsi ai controlli di sicurezza	Continua	min	30	10
t <sub>qCS-t<sub>wCS</sub></sub>	Tempo previsto di attesa in coda allo stato attuale meno il tempo previsto di attesa in coda a valle di tinfo ai controlli di sicurezza	Continua	min	30	10

*Il modello*

Il modello adottato è un modello Logit binomiale. Le probabilità di scelta delle due alternative sono le seguenti:

$$P[Alt1] = \frac{e^{V[Alt1]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}} \quad P[Alt2] = \frac{e^{V[Alt2]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}}$$

Le funzioni di utilità sistematica sono state così specificate:

- $V_{CS}[Alt1] = \beta_{AGE}AGE + \beta_{ASU}ASU + \beta_{LMFT}LMFT + \beta_{HL}(WHL + LHL) + \beta_{IU}IU + \beta_{AANC}AANC + \beta_{IIWCSH}IIWCSH + \beta_{NFY0}NFY0$
- $V_{CS}[Alt2] = \beta_{t_{infocs}} \left( \frac{t_{infocs}^\lambda - 1}{\lambda} \right) + \beta_{t_{qcs} - t_{wcs}} (t_{qcs} - t_{wcs})$

Calibrazione del modello

La calibrazione ha permesso di individuare il valore dei parametri nonché la loro significatività sulla base del t-test. Vengono riportati di seguito i risultati della calibrazione riassunti in una tabella nella quale è riportato il valore iniziale e finale della verosimiglianza, il valore della  $\rho^2$ , il valore dei parametri associati agli attributi considerati, nonché il loro grado di significatività.

Gruppo	Nome	Valore	
		Seguo l'informazione	Non seguo l'informazione
Attributi socio-economici	AGE	<b>-0.0491</b> (-2.08)	
	LMFT	<b>1.95</b> (+2.35)	
	NFY0	<b>1.21</b> (+1.71)	
	HL	<b>-0.647</b> (-1.36)	
Propensione all'uso delle tecnologie dell'informazione	ASU	<b>2.07</b> (+2.34)	
	IU	<b>-1.51</b> (-1.8)	
Tendenze comportamentali e priorità informative	AANC	<b>-0.583</b> (-1.18)	

	IWCSH	<b>0.788</b>
		(+1.41)
Attributi di livello di servizio	$t_{infoCS}$	<b>0.00042</b>
		(+1.57)
	$t_{qCS}-t_{wCS}$	<b>-0.101</b>
		(-1.68)
<b>Numero di osservazioni</b>		110
<b>Log-likelihood iniziale</b>		-76.246
<b>Log-likelihood finale</b>		-60.375
<b><math>\rho^2</math></b>		0.208

#### Analisi dei risultati

Gli attributi sono stati organizzati in quattro gruppi. Un primo gruppo fa riferimento alle caratteristiche socio-economiche del campione. Un altro gruppo invece racchiude quelle caratteristiche che descrivono il campione dal punto di vista della propensione all'uso delle tecnologie dell'informazione. Nel terzo gruppo sono compresi sia quegli attributi che caratterizzano i comportamenti di scelta del campione in condizioni di parziale incertezza, sia quelli che evidenziano le esigenze informative degli individui nella specifica fase dello spostamento.

Nel quarto gruppo rientrano gli attributi di livello di servizio che fanno riferimento ai valori di  $t_q$ ,  $t_{info}$ ,  $t_w$  (o a loro combinazioni e trasformazioni) già precedentemente descritti.

Il segno negativo dell'attributo legato all'età mostra come all'aumentare di questa diminuisce la propensione dell'utente a seguire le indicazioni del sistema informativo, come a rimarcare il fatto che una platea più giovane risulta tendenzialmente più orientata a fidarsi dei sistemi di informazione innovativi.

A differenza della fase di spostamento precedente, in questa fase anche il motivo dello spostamento risulta essere significativo. Infatti, l'analisi mostra che, chi si sposta prevalentemente per svago e più orientato a seguire le indicazioni del sistema informativo.

Altro attributo rilevante è quello relativo alla presenza di bagaglio a mano. Infatti coloro i quali viaggiano spesso con bagaglio a mano, sia per motivo svago che per motivo lavoro, tendono a voler espletare immediatamente le operazioni di controllo e a non seguire i suggerimenti del S.I. Ciò, probabilmente, è ascrivibile all'ansia legata all'idoneità del bagaglio ai fini della verifica di sicurezza. Infatti dopo gli attentati dell'11 settembre 2001, le norme in materia di sicurezza e controlli sono diventate più stringenti e la possibilità di trasportare oggetti di uso comune, ma non permessi, è maggiore. Quindi la preoccupazione legata a eventuali problemi in fase di controllo spinge gli utenti del trasporto aereo a voler effettuare subito le operazioni di sicurezza se gravati da bagaglio a mano.

Un attributo, che si è mostrato alquanto significativo, è quello relativo alla poca esperienza dei passeggeri, intesa come numero di voli effettuati in un anno. Lo studio ha evidenziato che passeggeri meno abituati all'uso dell'aereo, sono più inclini a seguire il sistema informativo.

Un attributo che "misura" l'attitudine all'uso delle tecnologie dell'informazione per lo spostamento è quello relativo alla disponibilità, che dichiarano gli utenti, di utilizzare un'applicazione per smartphone per ricevere qualsiasi tipo di informazione inerente il viaggio, da casa fino all'imbarco. Lo studio dei dati ha mostrato, com'era lecito aspettarsi, che tale disponibilità si traduce in una maggiore tendenza a seguire le indicazioni del S.I.

Molto interessante è, inoltre, il segno negativo dell'attributo IU che esprime la tendenza degli utenti a utilizzare internet tanto per la ricerca dei voli, quanto per l'acquisto dei biglietti. L'analisi mostra infatti che un passeggero che effettua ricerche on line, che organizza in autonomia il proprio viaggio e che in definitiva ha più chiaro il contesto informativo in cui si muove è meno propenso a non seguire

una propria condotta comportamentale a valle di un messaggio informativo non in linea con le proprie abitudini di viaggio.

L'importanza che l'utente assegna alle informazioni relative al wayfinding, sono un altro indicatore della disponibilità a cambiare idea, in merito alla possibilità di effettuare o meno i controlli di sicurezza. L'analisi ha infatti rilevato che gli utenti che giudicano molto importanti le informazioni sulla segnaletica fissa o dinamica, sono con più influenzati dal sistema informativo.

Il segno negativo dell'attributo *AANC*, *sottolinea* come utenti più ansiosi, che si recano in anticipo (rispetto all'orario consigliato dalla compagnia) ad un aeroporto dal quale non volano abitualmente, siano più propensi a voler effettuare immediatamente i controlli di sicurezza.

Il peso dell'attributo omologo è stato misurato anche nel caso di uso di un aeroporto comunemente utilizzato, ma il parametro individuato non ha mostrato la necessaria significatività.

In ultima istanza consideriamo gli attributi di livello di servizio.

Sono state provate diverse specificazioni della funzione di utilità al fine di investigare la probabile, diversa, percezione degli attributi temporali che influenzano la scelta di seguire o meno i suggerimenti del sistema informativo. Pur considerando la linearità dei parametri  $\beta_i$  per gli attributi di livello di servizio sono state studiate le seguenti trasformazioni:

- Lineare
- Box-Cox

Sia per modello lineare che per il modello con trasformazione Box-Cox gli attributi sono significativi, quindi da un punto di vista della bontà del modello (in termini di  $\rho^2$  e di t-test) i risultati delle due specificazioni sono confrontabili.

Molto interessante è apparsa la trasformazione Box-Cox dell'attributo  $t_{infoCS}$ . La calibrazione simultanea del coefficiente  $\lambda$  della trasformazione e del parametro  $\beta$  corrispondente ha palesato la percezione non lineare dell'attributo (infatti il coefficiente  $\lambda$  assume valore maggiore di 1). Inoltre adottando un valore di  $\lambda$  pari a 2.80 si è riuscita a massimizzare la significatività degli attributi di LdS.

Per maggior completezza sono state effettuate prove di sensibilità del modello facendo variare  $\lambda$  da valori di -3 a 3 per step di 0.1. Per valori positivi di  $\lambda$  i modelli Box-Cox risultano simili in termini di  $\rho^2$  e di significatività dei parametri, ma si è ritenuto più opportuno, come sopra detto, utilizzare quel valore di  $\lambda$  che massimizzasse la significatività dell'attributo associato.

Sono state provate anche delle trasformazioni logaritmiche ed esponenziali degli attributi di costo, ma con l'unico risultato di abbassare la significatività di alcuni attributi e riduzioni del valore di  $\rho^2$ .

In definitiva, stando la bontà dei risultati, la potenza riproduttiva del modello e la capacità di evidenziare percezioni non lineari del tempo di attesa si è scelto di adottare una specificazione della funzione di utilità che prevedesse una trasformazione Box-Cox dell'attributo  $t_{infoCS}$ , con un valore di  $\lambda$  pari a 2.80, mentre si è conservata la forma lineare dell'attributo  $t_{qCS}-t_{wCS}$ .

Riportiamo di seguito la specificazione della funzione di utilità per l'alternativa "Non seguo l'informazione del sistema informativo".

$$V_{CS}[Alt2] = \beta_{t_{infoCS}} \left( \frac{t_{infoCS}^{2.8} - 1}{2.8} \right) + \beta_{t_{qCS}-t_{wCS}} (t_{qCS} - t_{wCS})$$

Il parametro  $t_{infoCS}$  si presenta con segno positivo, a dimostrazione del fatto che maggiore è il tempo suggerito per recarsi alle stazioni di controllo e più l'utente si dimostra riluttante a seguire il sistema informativo. Non deve inoltre meravigliare il segno negativo del parametro relativo all'attributo ottenuto come differenza tra  $t_{qCS}$  e  $t_{wCS}$ . Cioè maggiore è  $t_{qCS}$  rispetto a  $t_{wCS}$  e più l'utente è orientato a seguire i consigli del S.I.

Di seguito riportiamo il confronto tra le funzioni  $V_{CS}^*[Alt2]_{BoxCox} = \left( \beta_{t_{infoCS}} \right)_{BoxCox} \left( \frac{t_{infoCS}^{2.8}}{2.8} \right)$  e  $V_{CS}^*[Alt2]_{Lineare} = \left( \beta_{t_{infoCS}} \right)_{Lineare} t_{infoCS}$  che rappresentano il contributo alla funzione di utilità  $V_{CS}[Alt2]$  apportato dall'attributo  $t_{infoCS}$  rispettivamente nella specificazione BoxCox e in quella lineare:

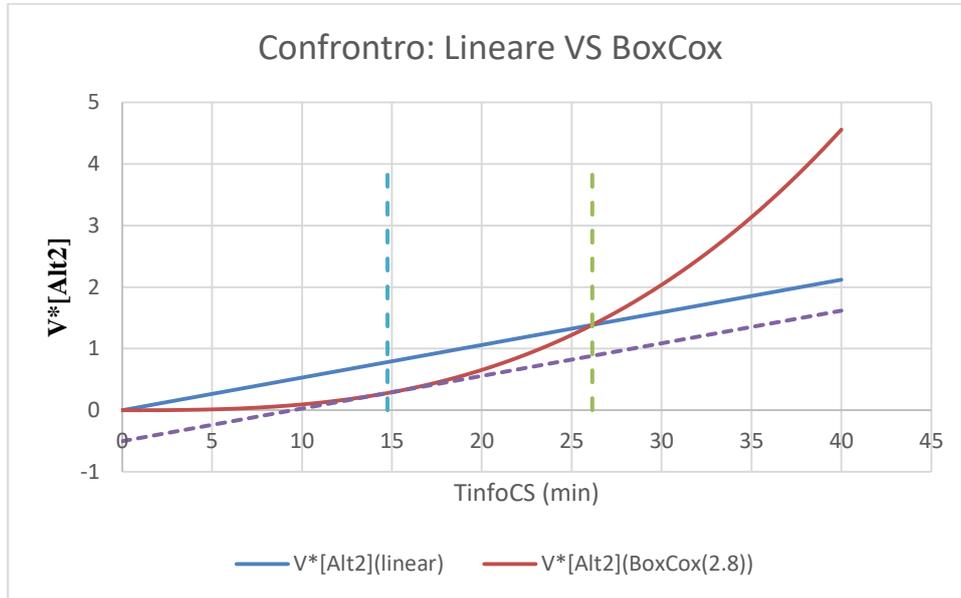


Fig. 53 Confronto tra specificazione lineare e specificazione Box-Cox

Possiamo notare che il peso del attributo, all'interno dei 26 minuti è minore per la trasformazione Box-Cox rispetto all'utilizzo lineare dell'attributo. Questo sta a dimostrare che per valori bassi di  $t_{infoCS}$  l'attributo è poco determinante (rispetto al modello lineare) al fine di seguire il suggerimento del S.I, ma, stando alla previsione del modello, diventa rilevante per valori superiori ai 26 minuti.

Per valori di  $t_{infoCS}$  maggiori di 15 minuti, l'attributo cresce più che linearmente.

La trasformazione Box-Cox suggerisce dunque che bassi valori di  $t_{infoCS}$  influenzano in misura minore, rispetto al modello lineare, la scelta di recarsi subito alle stazioni di controllo, ma la condizionano fortemente per alti valori (maggiori di 26 minuti)

Riportiamo di seguito un diagramma che mette in luce l'importanza dei diversi attributi. Tale importanza è espressa dal parametro  $\mu$  che è pari al valore dei parametri dei singoli attributi pesato rispetto all'attributo  $t_{infoCS}$

$$\mu_i = \frac{\beta_i}{\beta_{t_{infoCS}} \frac{t_{infoCS}^\lambda}{\lambda}} ; \quad t_{infoCS} = 10, 20, 30 \text{ min}$$

Siccome si è ipotizzato un andamento non lineare del attributo  $t_{infoCS}$ , il peso degli attributi è stato valutato rapportando il valore dei singoli coefficienti di reciproca sostituzione all'aliquota di utilità, generata da  $t_{infoCS}$  pari a 10, 20 e 30 minuti.

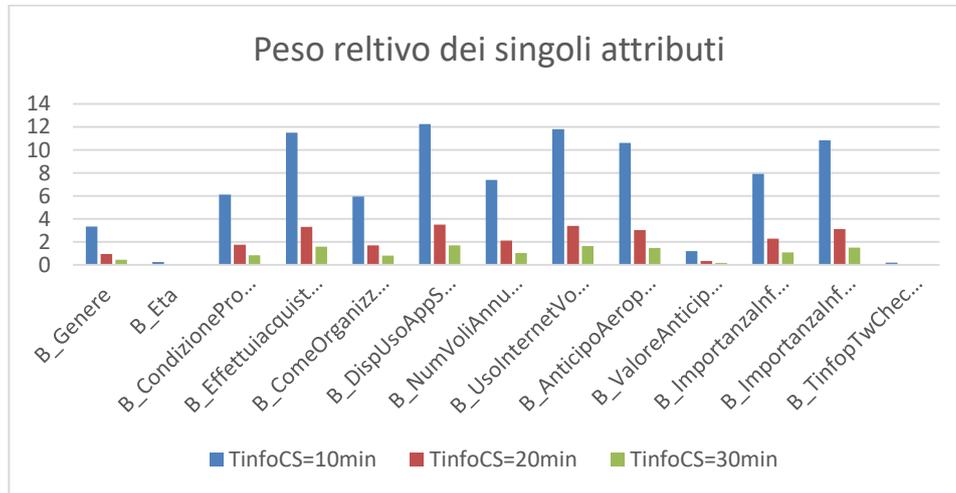


Fig. 54 *Peso relativo dei singoli attributi*

Come possiamo notare, l'attributo relativo al motivo dello spostamento risulta avere un peso dominante rispetto agli altri.

Il modello così ottenuto è stato validato sugli stessi dati utilizzati per la calibrazione. I risultati della validazione hanno mostrato che nel 70% dei casi, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello.

#### 4.4.2.2 Modello Logit con Variabile latente

##### Definizione delle variabili latenti

A seguito delle procedure di calibrazione è stata individuata come variabile latente (di seguito indicato con Z1) l'intrinseco bisogno di informazione avvertito dagli utenti del sistema. La specificazione è stata possibile perché nel questionario erano presenti delle domande che presupponevano la manifestazione, attraverso opportuni indicatori, di tale variabile latente.

Definizione degli indicatori

Sono stati individuati 2 indicatori.

Gli indicatori sono delle domande, all'interno del questionario, in corrispondenza delle quali l'utente esprime un grado di preferenza in una scala che va da 1 (bassa importanza) a 4 (alta importanza)

Nome indicatore	Domanda	Scala
I <sub>4_z1</sub>	Che importanza assegni alle informazioni in merito a come prepararsi ai controlli di sicurezza?	1,2,3,4
I <sub>8_z1</sub>	Che importanza assegni alle informazioni in merito al tempo necessario per raggiungere il gate di imbarco?	1,2,3,4

Attributi

Per la scrittura delle funzioni di utilità, relative alle due scelte sono stati considerati tutte le informazioni derivanti dall'indagine, relative alla specifica fase dello spostamento. A seguito del processo di calibrazione, adottando un processo di trial and error, sono stati selezionati solo alcuni degli attributi considerati sulla base di un certo grado di significatività statistica. Di tali attributi si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva.

Attributo	Nome	Significato	Tipo	SI	max	min
AGE	X1	Età	Continua	anni	73	19
ASU	X2	Disponibilità ad utilizzare un'applicazione per smartphone per ricevere informazioni inerenti il viaggio, da casa fino all'imbarco. (1=si; 0=no)	Binaria		1	0
LMFT	X3	Motivo di spostamento più frequente (svago) (1=motivo di spostamento più frequente svago; 0=altrimenti)	Binaria		1	0
NFY0	X4	Viaggio saltuariamente (1=viaggio saltuariamente; 0=altrimenti)	Binaria		1	0
FALT	X5	Compagnia aerea preferita tradizionale (1=Compagnia aerea preferita tradizionale; 0=altrimenti)	Binaria		1	0

WHL	X6	Bagaglio a mano usualmente utilizzato per il motivo di spostamento lavoro (1=Bagaglio a mano (lavoro); 0=altrimenti)	Binaria		1	0
LHL	X7	Bagaglio a mano usualmente utilizzato per il motivo di spostamento svago (1=Bagaglio a mano (svago) ;0=altrimenti)	Binaria		1	0
IU	X8	Utilizzo internet frequentemente per ricerche voli, o per l'acquisto dei biglietti aerei (1=uso frequente di internet per volare 0=altrimenti)	Binaria		1	0
AANC	X9	Arrivo in anticipo ad un aeroporto non usato abitualmente (0=DI SOLITO NON RISPETTO L'ORARIO CONSIGLIATO E ARRIVO DOPO; 1=arrivo in anticipo)	Binaria		1	0
t <sub>infoCS</sub>	X10	Tempo suggerito per recarsi ai controlli di sicurezza	Continua	min	30	10
t <sub>qcs-twCS</sub>	X11	Tempo previsto di attesa in coda allo stato attuale meno il tempo previsto di attesa in coda a valle di tinfo ai controlli di sicurezza	Continua	min	30	10
AGE50-80	X12	Età compresa tra i 50 e i 80 anni (1=18<età<30 0=altrimenti)	Binaria		1	0
NFY_inf1	X13	Viaggio saltuariamente (1=meno di un viaggio all'anno 0=altrimenti)	Binaria		1	0
FALLC	X14	Compagnia aerea preferita low-cost (1=Compagnia aerea preferita low-cost; 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IWCsH	X15	Importanza alta delle informazioni relative al Wayfinding per raggiungere le stazioni di controllo (1=Importanza Info Wayfinding CS Alta 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IIFSCsH	X16	Importanza alta delle informazioni relative sullo stato del volo e la tempistica necessaria per svolgere le attività successive ai controlli di sicurezza (1=Importanza Info Stato Volo CS Alta 0=altrimenti)	Binaria		1	0

### Il modello

Riportiamo di seguito le equazioni strutturali e di misura del modello

- Il modello di scelta

$$V_{CS}[Alt1] = \beta_{AGE}AGE + \beta_{ASU}ASU + \beta_{LMFT}LMFT + \beta_{HL}(WHL + LHL) +$$

$$\beta_{IU}IU + \beta_{LMFT}LMFT + \beta_{AANC}AANC + \beta_{NFY0}NFY0$$

$$V_{CS}[Alt2] = \beta_{T_{infoCS}} \left( \frac{t_{infoCS}^\lambda - 1}{\lambda} \right) + \beta_{t_{qCS} - t_{wCS}} (t_{qCS} - t_{wCS})$$

- Il modello di variabile latente

$$Z_1 = \beta_{AGE50-80}AGE50-80 + \beta_{FALLC}FALLC + \beta_{IIWCsH}IIWCsH + \beta_{IIFSCsH}IIFSCsH +$$

$$\beta_{NFY\_inf1}NFY\_inf1$$

- Equazioni di misura

$$I_4 = \beta_{I4Z1} * Z_1 + v$$

$$I_7 = \beta_{I8Z1} * Z_1 + v$$

La figura sottostante rappresenta un frame work del modello di scelta

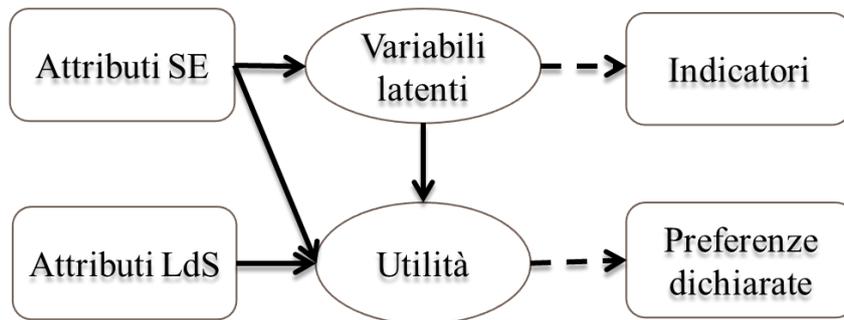


Fig. 55 Framework del modello di scelta

La figura sottostante evidenzia le relazioni che sussistono tra variabili, attributi e indicatori

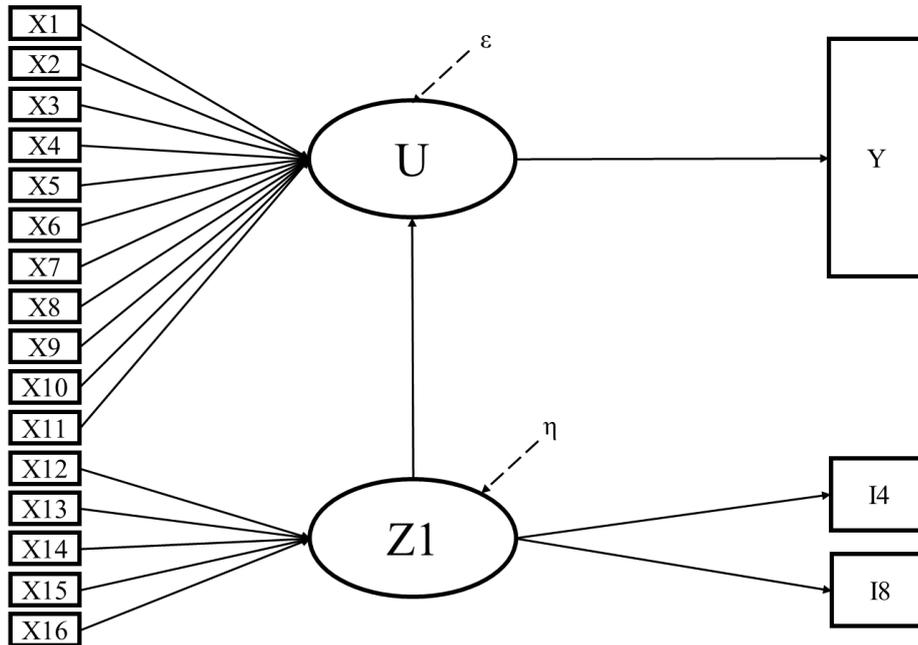


Fig. 56 relazioni tra variabili, attributi e indicatori

Il modello adottato è un modello Logit binomiale. Le probabilità di scelta delle due alternative sono le seguenti:

$$P[Alt1] = \frac{e^{V[Alt1]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}} \quad P[Alt2] = \frac{e^{V[Alt2]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}}$$

Calibrazione del modello

La calibrazione ha permesso di individuare il valore dei parametri nonché la loro significatività sulla base del t-test. Vengono riportati di seguito i risultati della calibrazione riassunti in una tabella nella quale è riportato il valore iniziale e finale della verosimiglianza, il valore della  $\rho^2$ , il valore dei parametri associati agli attributi considerati, nonché il loro grado di significatività.

Gruppo	Nome	Valore
--------	------	--------

		Seguo l'informazione	Non seguo l'informazione
Attributi socio-economici	AGE	<b>-0.0426</b> (-1.51)	
	LMFT	<b>2.25</b> (+2.49)	
	NFY0	<b>1.08</b> (+1.41)	
	HL	<b>-0.691</b> (-1.45)	
Propensione all'uso delle tecnologie dell'informazione	ASU	<b>2.38</b> (+2.44)	
	IU	<b>-2.16</b> (-2.22)	
Tendenze comportamentali e priorità informative	AANC	<b>-0.905</b> (-1.71)	
	FALT	<b>-1.42</b> (-2.48)	
Attributi di livello di servizio	t <sub>infoCS</sub>		<b>0.00066</b> (+1.75)
	t <sub>qCS-t<sub>wCS</sub></sub>		<b>-0.12</b> (-1.9)
Variabile latente	Z1	<b>1.52</b> (+1.36)	

- Modello di variabile latente

Nome	Valore
AGE50-80	<b>0.147</b> (+1.22)
NFY_inf1	<b>0.15</b> (+1.41)

FALLC	<b>0.258</b> (+2.47)
IWCSH	<b>0.242</b> (+2.4)
IIFSCSH	<b>0.181</b> (+5.02)

- Modello di misura

Nome	Valore
I <sub>4_z1</sub>	<b>1.47</b> (+5.27)
I <sub>8_z1</sub>	<b>0.34</b> (+1.84)

<b>Numero di osservazioni</b>	110
<b>Log-likelihood iniziale</b>	-76.939
<b>Log-likelihood finale</b>	-56.613
<b><math>\rho^2</math></b>	0.264

#### Analisi dei risultati

Com'è possibile notare gli attributi significativi utilizzati per calibrare il modello di compliance, con l'introduzione della variabile latente, sono gli stessi (fatta eccezione della Z1) della specificazione precedente ed inoltre conservano gli stessi segni. Per semplicità quindi di seguito si riportano le medesime considerazioni fatte in precedenza.

Gli attributi sono stati organizzati in 5 gruppi. Un primo gruppo fa riferimento alle caratteristiche socio-economiche del campione. Un altro gruppo invece racchiude quelle caratteristiche che descrivono il campione dal punto di vista della propensione all'uso delle tecnologie dell'informazione. Nel terzo gruppo sono compresi sia

quegli attributi che caratterizzano i comportamenti di scelta del campione in condizioni di parziale incertezza, sia quelli che evidenziano le esigenze informative degli individui nella specifica fase dello spostamento.

Nel quarto gruppo rientrano gli attributi di livello di servizio che fanno riferimento ai valori di  $t_{qCS}$ ,  $t_{infoCS}$ ,  $t_{wCS}$  (o a loro combinazioni e trasformazioni) già precedentemente descritti.

Il quinto gruppo contiene unicamente la variabile latente Z1.

Il segno negativo dell'attributo legato all'età mostra come all'aumentare di questa diminuisce la propensione dell'utente a seguire le indicazioni del sistema informativo, come a rimarcare il fatto che una platea più giovane risulta tendenzialmente più orientata a fidarsi dei sistemi di informazione innovativi.

L'analisi mostra che chi preferisce viaggiare con una compagnia aerea tradizionale è meno disposto a seguire le informazioni del sistema. Probabilmente ciò è dovuto al fatto che costoro, durante il viaggio, vogliono evitare rischi legati a ritardi e conservare, anche a costo di mettersi in coda per più tempo, una condizione di confort psicologico che una compagnia aerea tradizionale riesce maggiormente a garantire.

A differenza della fase di spostamento precedente, in questa fase anche il motivo dello spostamento risulta essere significativo. Infatti, l'analisi mostra che, chi si sposta prevalentemente per svago è più orientato a seguire le indicazioni del sistema informativo.

Altro attributo rilevante è quello relativo alla presenza di bagaglio a mano. Infatti coloro i quali viaggiano spesso con bagaglio a mano, sia per il motivo svago che per quello lavoro, tendono a voler espletare immediatamente le operazioni di controllo e a non seguire i suggerimenti del S.I. Ciò, probabilmente, è ascrivibile all'ansia legata all'idoneità del bagaglio ai fini della verifica di sicurezza. Infatti dopo gli attentati dell'11 settembre 2001, le norme in materia di sicurezza e controlli sono diventate più stringenti e la possibilità di trasportare oggetti di uso comune, ma non permessi, è maggiore. Quindi la preoccupazione legata a eventuali problemi in fase

di controllo spinge gli utenti del trasporto aereo a voler effettuare subito le operazioni di sicurezza se gravati da bagaglio a mano.

Un attributo, che si è mostrato alquanto significativo, è quello relativo alla poca esperienza dei passeggeri, intesa come numero di voli effettuati in un anno. Lo studio ha evidenziato che passeggeri meno abituati all'uso dell'aereo, sono più inclini a seguire il sistema informativo.

Un attributo che "misura" l'attitudine all'uso delle tecnologie dell'informazione per lo spostamento è quello relativo alla disponibilità, che dichiarano gli utenti, di utilizzare un'applicazione per smartphone per ricevere qualsiasi tipo di informazione inerente il viaggio, da casa fino all'imbarco. Lo studio dei dati ha mostrato, com'era lecito aspettarsi, che tale disponibilità si traduce in una maggiore tendenza a seguire le indicazioni del S.I.

Molto interessante è, inoltre, il segno negativo dell'attributo IU che esprime la tendenza degli utenti a utilizzare internet tanto per la ricerca dei voli, quanto per l'acquisto dei biglietti. L'analisi mostra infatti che un passeggero che effettua ricerche on line, che organizza in autonomia il proprio viaggio e che in definitiva ha più chiaro il contesto informativo in cui si muove è più propenso a seguire una propria condotta comportamentale a valle di un messaggio informativo non in linea con le proprie abitudini di viaggio.

Il segno negativo dell'attributo AANC, sottolinea come utenti più ansiosi, che si recano in anticipo (rispetto all'orario consigliato dalla compagnia) ad un aeroporto dal quale non volano abitualmente, siano più propensi a voler effettuare immediatamente i controlli di sicurezza.

Il peso dell'attributo omologo è stato misurato anche nel caso di uso di un aeroporto comunemente utilizzato, ma il parametro individuato non ha mostrato la necessaria significatività.

Come possiamo notare dalla calibrazione, la variabile latente Z1 che indica l'intrinseco bisogno di informazioni ha mostrato segno positivo. Quindi maggiore è tale bisogno e maggiore è la propensione dell'utente a seguire le indicazioni del sistema. Inoltre sia gli attributi del modello di variabile latente sia gli attributi delle

equazioni di misura sono positivi. Questo sta ad indicare che, nel modello di variabile latente la presenza degli attributi considerati implica un valore più alto della Z1 che a sua volta è positivamente correlata agli attributi attraverso cui essa si manifesta.

In ultima istanza consideriamo gli attributi di livello di servizio.

Sono state provate diverse specificazioni della funzione di utilità al fine di investigare la probabile, diversa, percezione degli attributi temporali che influenzano la scelta di seguire o meno i suggerimenti del sistema informativo. Pur considerando la linearità dei parametri  $\beta_i$  per gli attributi di livello di servizio sono state studiate le seguenti trasformazioni:

- Lineare
- Box-Cox

Sia per modello lineare che per il modello con trasformazione Box-Cox gli attributi sono significativi, quindi da un punto di vista della bontà del modello (in termini di  $\rho^2$  e di t-test) i risultati delle due specificazioni sono confrontabili.

Molto interessante è apparsa la trasformazione Box-Cox dell'attributo  $t_{\text{infoCS}}$ . La calibrazione simultanea del coefficiente  $\lambda$  della trasformazione e del parametro  $\beta$  corrispondente ha palesato la percezione non lineare dell'attributo (infatti il coefficiente  $\lambda$  assume valore maggiore di 1). Inoltre adottando un valore di  $\lambda$  pari a 2.70 si è riuscita a massimizzare la significatività degli attributi di LdS.

Per maggior completezza sono state effettuate prove di sensibilità del modello facendo variare  $\lambda$  da valori di -3 a 3 per step di 0.1. Per valori positivi di  $\lambda$  i modelli Box-Cox risultano simili in termini di  $\rho^2$  e di significatività dei parametri, ma si è ritenuto più opportuno, come sopra detto, utilizzare quel valore di  $\lambda$  che massimizzasse la significatività dell'attributo associato.

Sono state provate anche delle trasformazioni logaritmiche ed esponenziali degli attributi di costo, ma con l'unico risultato di abbassare la significatività di alcuni attributi e riduzioni del valore di  $\rho^2$ .

In definitiva, stando la bontà dei risultati, la potenza riproduttiva del modello e la capacità di evidenziare percezioni non lineari del tempo di attesa si è scelto di adottare una specificazione della funzione di utilità che prevedesse una

trasformazione Box-Cox dell'attributo  $t_{infoCS}$ , con un valore di  $\lambda$  pari a 2.70, mentre si è conservata la forma lineare dell'attributo  $t_{qCS}-t_{wCS}$ .

Riportiamo di seguito la specificazione della funzione di utilità per l'alternativa "Non seguo l'informazione del sistema informativo".

$$V_{CS}[Alt2] = \beta_{t_{infoCS}} \left( \frac{t_{infoCS}^{2.7} - 1}{2.7} \right) + \beta_{t_{qCS}-t_{wCS}} (t_{qCS} - t_{wCS})$$

Il parametro  $t_{infoCS}$  si presenta con segno positivo, a dimostrazione del fatto che maggiore è il tempo suggerito per recarsi alle stazioni di controllo e più l'utente si dimostra riluttante a seguire il sistema informativo. Non deve inoltre meravigliare il segno negativo del parametro relativo all'attributo ottenuto come differenza tra  $t_{qCS}$  e  $t_{wCS}$ . Cioè maggiore  $t_{qCS}$  rispetto a  $t_{wCS}$  e più l'utente è orientato a seguire i consigli del S.I.

Di seguito riportiamo il confronto tra le funzioni  $V_{CS}^*[Alt2]_{BoxCox} = \left( \beta_{t_{infoCS}} \right)_{BoxCox} \left( \frac{t_{infoCS}^{2.7}}{2.7} \right)$  e  $V_{CS}^*[Alt2]_{Lineare} = \left( \beta_{t_{infoCS}} \right)_{Lineare} t_{infoCS}$  che rappresentano il contributo alla funzione di utilità  $V_{CS}[Alt2]$  apportato dall'attributo  $t_{infoCS}$  rispettivamente nella specificazione Box-Cox e in quella lineare:

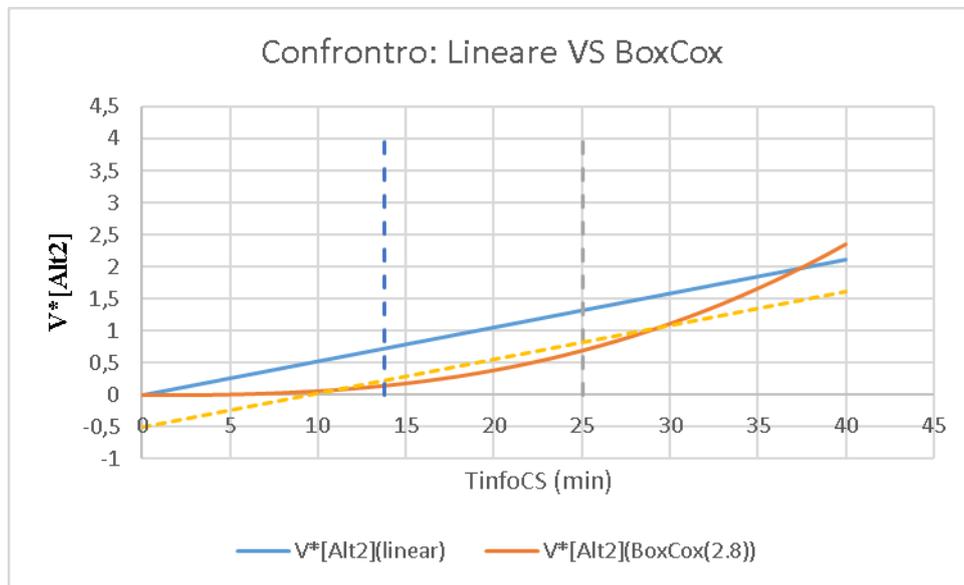


Fig. 57 Confronto tra specificazione lineare e specificazione Box-Cox

Possiamo notare che il peso del attributo, all'interno dei 25 minuti è minore per la trasformazione Box-Cox rispetto all'utilizzo lineare dell'attributo. Questo sta a dimostrare che per valori bassi di  $t_{infoCS}$  l'attributo è poco determinante (rispetto al modello lineare) al fine di seguire il suggerimento del S.I, ma, stando alla previsione del modello, diventa rilevante per valori superiori ai 25 minuti.

Per valori di  $t_{infoCS}$  maggiori di 14 minuti, l'attributo cresce più che linearmente.

La trasformazione Box-Cox suggerisce dunque che bassi valori di  $t_{infoCS}$  influenzano in misura minore, rispetto al modello lineare, la scelta di recarsi subito alle stazioni di controllo, ma la condizionano fortemente per alti valori (maggiori di 25 minuti)

Riportiamo di seguito un diagramma che mette in luce l'importanza dei diversi attributi. Tale importanza è espressa dal parametro  $\mu$  che è pari al valore dei parametri dei singoli attributi pesato rispetto all'attributo  $t_{infoCS}$

$$\mu_i = \frac{\beta_i}{\beta_{T_{infoCS}} \frac{t_{infoCS}^\lambda}{\lambda}} ; \quad t_{infoCS} = 10,20,30 \text{ min}$$

Siccome si è ipotizzato un andamento non lineare del attributo  $t_{infoCS}$ , il peso degli attributi è stato valutato rapportando il valore dei singoli coefficienti di reciproca sostituzione all'aliquota di utilità, generata da  $t_{infoCS}$  pari a 10, 20 e 30 minuti.

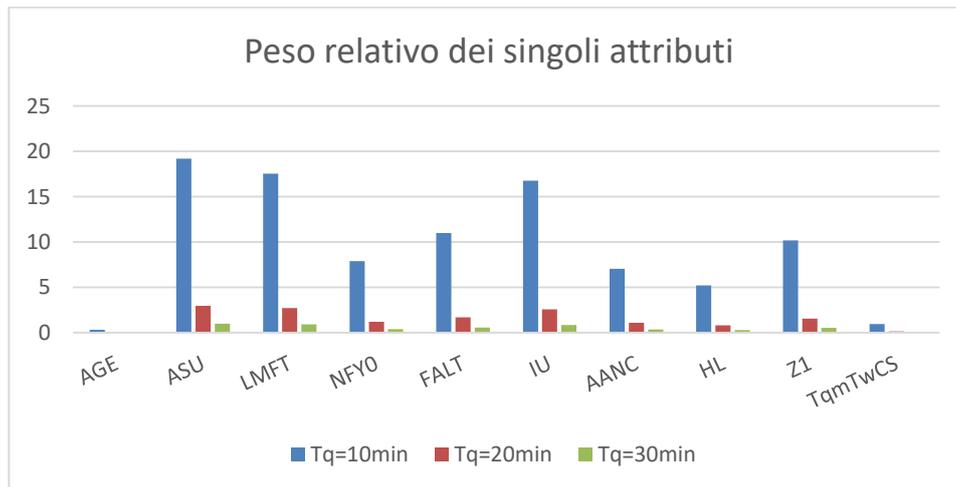


Fig. 58 Peso relativo dei singoli attributi

Come possiamo notare, l'attributo relativo al Disponibilità ad utilizzare un'applicazione per smartphone per ricevere informazioni inerenti il viaggio, da casa fino all'imbarco. (Risulta avere un peso dominante rispetto agli altri.

Il modello così ottenuto è stato validato sugli stessi dati utilizzati per la calibrazione. I risultati della validazione hanno mostrato che quasi nel 75% dei casi, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello.

## 4.5 Conclusioni

L'analisi effettuata ha evidenziato gli attributi che influenzano la scelta del passeggero di rimandare una certa attività vincolante a valle di un'informazione di tipo prescrittivo veicolata mediante dispositivo mobile. Le fasi di spostamento considerate sono state 2:

- Ingresso – check-In
- Check-in – controlli di sicurezza

L'informazione erogata dal sistema, in ambo le fasi, consiste in tre valori temporali:

- $t_q$ . Tempo previsto di attesa in coda allo stato attuale
- $t_{info}$ . Tempo suggerito per recarsi allo sportello (stazione di sicurezza)
- $t_w$ . Tempo previsto di attesa in coda a valle di  $t_{info}$

L'analisi ha evidenziato che in entrambe le fasi gli utenti sono disposti a rimandare la specifica attività vincolante in accordo ad alcune caratteristiche socio-economiche, alle preferenze di viaggio, ai bisogni e priorità informative e, ovviamente in base al contenuto del messaggio informativo.

Dalla calibrazione è emerso che alcune caratteristiche come l'età, l'esperienza di viaggio, la tendenza ad arrivare in anticipo al terminal, la propensione all'uso delle tecnologie sono attributi significativi nel processo di scelta.

L'analisi ha inoltre confermato alcune considerazioni di buon senso relative all'influenza del messaggio informativo sulla condotta comportamentale dei passeggeri. In particolare, come era lecito aspettarsi si è evidenziato che maggiore è il tempo in coda al check-in o ai controlli di sicurezza e maggiore è la propensione

degli utenti a voler rimandare l'attività vincolante. Viceversa maggiore è l'intervallo temporale suggerito dal sistema per mettersi in fila e minore sarà la tendenza del passeggero a seguire i consigli del sistema. Infine più il tempo in coda, a valle di un certo  $t_{info}$ , è piccolo e maggiore sarà la probabilità di seguire il messaggio del S.I.

Da un punto di vista metodologico è emerso che le due specificazioni adottate, modello logit (MNL) e modello logit a variabili latenti (MNLLV) presentano una simile capacità riproduttiva.

Nel MNLLV la variabile latente considerata, per ambo le fasi dello spostamento, è stata l'intrinseco bisogno informativo avvertito dall'utente. L'individuazione di tale variabile latente è stata possibile poiché nell'indagine erano presenti delle domande (indicatori) che presupponevano il manifestarsi di tale costrutto latente.

In linea di massima i modelli MNLLV presentano, seppur di poco, un valore della  $\rho^2$  e un indice delle risposte corrette (per cent right) superiore rispetto ai modelli MNL.

Infine dal confronto a due a due dei modelli MNL e MNLLV concernenti alle singole fasi dello spostamento non sono emerse incongruenze relative ai segni dei parametri o grandi differenze in termini di valore.

Dalla validazione è inoltre emerso che per tutti i modelli, in una percentuale maggiore del 70%, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello

## **5 Modellazione della propensione all'uso/installazione di un sistema avanzato di informazione all'utenza**

Nei paragrafi precedenti è stata evidenziata la differenza tra compliance e market penetration con riferimento ad un messaggio informativo.

Stando alla definizione comune, per compliance si intende la propensione dell'utente di un sistema di trasporto a seguire le indicazioni (prescrittive) di un sistema informativo. La market penetration (MP) invece rappresenta il tasso di penetrazione dell'informazione tra gli utenti del sistema di trasporto. In sostanza quindi, nel caso in esame, la MP si identifica come l'aliquota di passeggeri in grado di ricevere il messaggio informativo erogato mediante tecnologia mobile.

Lo studio della market penetration si traduce quindi nello studio di quei fattori che influenzano gli utenti, relativamente al fatto di installare e quindi implicitamente ad utilizzare un'app in grado di interfacciarsi al sistema e ricevere il messaggio.

In quest'ottica è stato redatto un secondo questionario volto alla individuazione e alla misurazione di quei fattori in grado di influenzare i comportamenti di scelta dei passeggeri relativamente al fatto di installare, ed eventualmente a pagare per un'app di supporto informativo aeroportuale.

### **5.1 Struttura dell'indagine**

Come nel caso precedente, la seconda indagine SP, intitolata "SMART AIRPORTS? QUALI COMPORTAMENTI E QUALI LE ESIGENZE INFORMATIVE?" è stata progettata e realizzata sfruttando il supporto web offerto dalla piattaforma Google Form.

L'indagine si compone di due sezioni principali. Nella prima sezione vengono riportate le caratteristiche socio-economiche dei rispondenti e investigate le loro

preferenze informative nelle diverse fasi di spostamento da casa, fino al momento dell'imbarco. Sono state individuate 4 fasi:

1. Fase di spostamento Casa – Aeroporto (Ingresso);
2. Fase di spostamento Ingresso – Check-in;
3. Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza;
4. Fase di spostamento Controlli di sicurezza – Gate;

In ogni fase dello spostamento il sistema propone una serie di tipologie di informazione (sui tempi, di wayfinding, commerciali) e al passeggero viene chiesto di esprimere un giudizio, sul grado di utilità associato a quel tipo di informazione.

Tale giudizio è esprimibile su una scala qualitativa:

- Per niente importante
- Poco importante
- Abbastanza importante
- Molto importante
- Importantissimo

Al fine di rendere più realistico l'impatto visivo, il messaggio informativo è stato rappresentato ricalcando quello che è il layout delle più comuni app di messaggistica e di navigazione.

Nella seconda sezione dell'indagine è stata valutata la propensione del passeggero ad installare ed eventualmente a pagare per usufruire dei servizi di questa applicazione.

#### 5.1.1 **Informazioni preliminari e socio-economiche**

Nella prima parte del questionario si è proceduto ad una profilazione del campione sulla base di attributi socio-economici (genere, età, condizione professionale, livello di istruzione, etc.) e sulla base delle abitudini di volo (frequenza annua di voli, modalità organizzazione viaggio, modo di trasporto fino al terminal, etc.).

#### 5.1.2 **Fase di spostamento Casa – Aeroporto (Ingresso);**

In questa fase dello spostamento viene chiesto al passeggero di esprimere un giudizio di utilità associato a:

- tempi per raggiungere l'aeroporto con un dato mezzo di trasporto e in una data fascia oraria;
- informazioni di wayfinding per raggiungere il terminal

#### 5.1.3 **Fase di spostamento Ingresso – Check-in;**

In questa fase dello spostamento viene chiesto al passeggero di esprimere un giudizio sul grado di utilità associato a:

- informazioni di wayfinding
- tempi di attesa al banco check-in;
- suggerimenti su quando effettuare il check-in e controllo sicurezza
- consigli commerciali.

#### 5.1.4 **Fase di spostamento Check-in – Controlli di sicurezza;**

In questa fase dello spostamento viene chiesto al passeggero di esprimere un giudizio sul grado di utilità associato a:

- informazioni di wayfinding
- tempi di attesa al banco check-in;
- suggerimenti su quando effettuare il check-in e controllo sicurezza
- consigli commerciali.

#### 5.1.5 **Fase di spostamento Controlli di sicurezza – Gate;**

In questa fase dello spostamento viene chiesto al passeggero di esprimere un giudizio sul grado di utilità associato a:

- indicazioni stradali per raggiungere il Gate (Wayfinding);
- consigli commerciali.

### 5.1.6 Informazioni in merito alla disponibilità a pagare

Nell'ultima sezione del questionario sono state poste all'utente delle domande in merito alla disponibilità a installare ed eventualmente a pagare per utilizzare un'app su smartphone in grado di erogare servizi informativi.

Il questionario è costruito in maniera tale che se gli utenti dichiarano di non essere interessati ad installare l'app vengono offerti loro alcuni incentivi per motivarli nella scelta. A coloro i quali hanno dichiarato di voler installare l'app (con o senza incentivi) viene chiesto se sono anche disposti a pagare per usufruire delle indicazioni del sistema informativo. Agli utenti che mostrano una disponibilità a pagare viene chiesto di indicare il canone annuale massimo che sarebbero disposti a sostenere.

Di seguito si riporta lo schema dell'ultima sezione del questionario

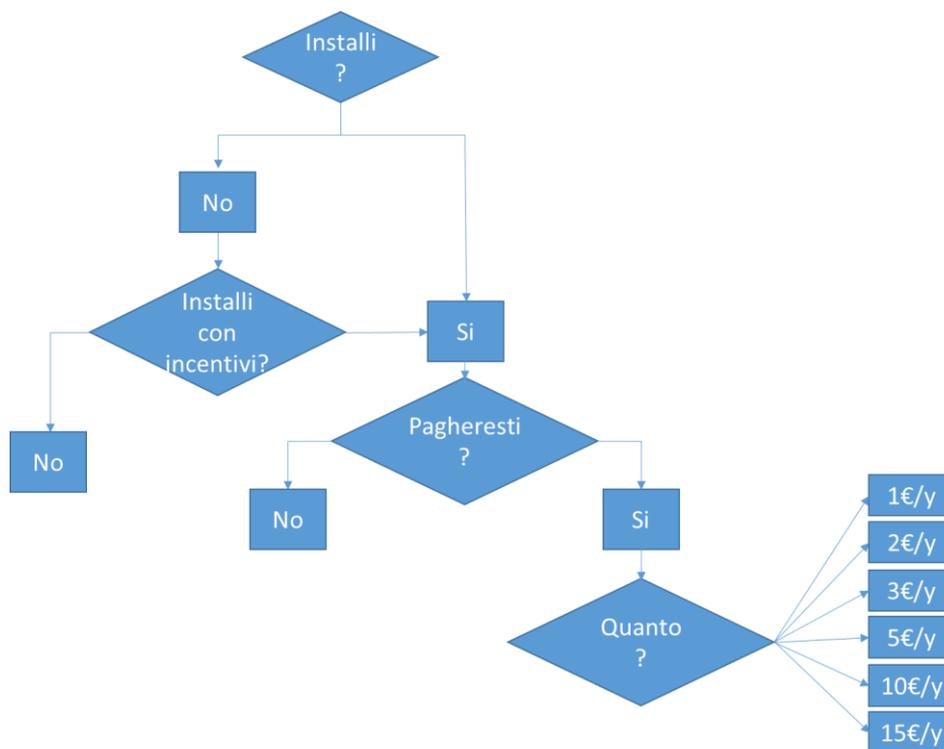


Fig. 59 Schema in merito alla disponibilità a pagare

## 5.2 Caratteristiche del campione

Di seguito viene riportata, per ogni sezione del questionario, l'analisi descrittiva dei risultati.

Il campione è composto da 737 rispondenti, dei quali il 94,7% ha preso un aereo almeno una volta nella vita (la frequenza media di spostamento è di 2-3 voli all'anno). Il campione è maggioranza maschile (58,7 %) prevalentemente in un range di tra i 20 e i 60 anni. La popolazione del campione proviene perlopiù dall'ambiente accademico (studenti 26,57% e docenti universitari 27,27%) e di conseguenza il grado di istruzione si può definire medio alto (i non laureati sono meno del 22%).

### Hai mai volato?

Si	No
94,7%	5,3%

### Frequenza di viaggio

Almeno 1 volta negli ultimi quattro anni	1 volta all'anno	Almeno 2 volte all'anno
28,7%	16,9%	54,4%

### Genere

Maschio	Femmina
58,7%	41,3%

### Fascia di età

18-30	31-50	51-100
38,6%	43,9%	17,5%

### Condizione professionale

<b>Studente</b>	<b>Libero professionista</b>	<b>Lavoratore e dipendente</b>	<b>Altro</b>	<b>Docente universitario</b>	<b>Casalinga/pensionato</b>
26,4%	11,7%	24,3%	9,9%	27,1%	0,7%

#### Livello di istruzione

<b>Diploma</b>	<b>Dottorato/master universitario</b>	<b>Laurea di secondo livello</b>	<b>Laurea di primo livello</b>	<b>Licenza elementare/media</b>
21,2%	39,1%	29,1%	9,9%	0,7%

In merito al rapporto che gli intervistati hanno nei confronti della tecnologia, l'indagine ha messo in luce che la maggioranza degli intervistati utilizza il web o specifiche app per organizzare il proprio viaggio.

L'indagine ha messo inoltre in evidenza che mentre gli utenti pongono, mediamente, grande importanza alle informazioni inerenti le modalità di spostamento da casa fino all'aeroporto, un ridotto interesse viene riservato al reperimento pre-trip delle caratteristiche interne dell'aeroporto e delle condizioni di traffico.

#### Come usualmente organizzi i tuoi viaggi (volo, hotel, etc.)?

<b>Internet</b>	<b>Guida turistica</b>	<b>Agenzia di viaggio</b>	<b>App</b>	<b>Altro</b>
67,4%	5,5%	15,1%	11,2%	0,8%

#### Quando organizzi un viaggio utilizzi applicazioni Internet o specifiche APP?

<b>Mai</b>	<b>Raramente</b>	<b>Talvolta</b>	<b>Frequentemente</b>	<b>Sempre</b>
11,3%	15,5%	21,7%	29,6%	22,0%

**Prima di effettuare un viaggio in aereo raccogli informazioni inerenti le modalità di trasporto per raggiungere l'aeroporto (bus, metro, taxi, etc.), i percorsi, i tempi e i costi di viaggio?**

<b>Mai</b>	<b>Raramente</b>	<b>Talvolta</b>	<b>Frequentemente</b>	<b>Sempre</b>
2,70%	5,50%	11,60%	25,30%	54,90%

**Prima di effettuare un viaggio raccogli informazioni inerenti le caratteristiche dell'aeroporto (mappa interna, parcheggi, percorsi interni)? \_**

<b>Mai</b>	<b>Raramente</b>	<b>Talvolta</b>	<b>Frequentemente</b>	<b>Sempre</b>
20,8%	28,3%	24,8%	15,1%	11,0%

**Prima di spostarti verso l'aeroporto raccogli informazioni sulle condizioni del traffico?**

<b>Mai</b>	<b>Raramente</b>	<b>Talvolta</b>	<b>Frequentemente</b>	<b>Sempre</b>
24,7%	31,7%	25,7%	12,6%	5,3%

**Con quale modo di trasporto ti rechi, usualmente, all'aeroporto?**

<b>Auto Propria</b>	<b>Mi faccio accompagnare</b>	<b>Treno</b>	<b>Bus</b>	<b>Taxi</b>	<b>Rent Car</b>	<b>Altro</b>
24,0%	31,2%	17,1%	18,4%	7,5%	1,3%	0,5%

In merito alle caratteristiche ritenute importanti per la scelta dell'aeroporto da parte del campione esaminato, fattori come l'accesso alla struttura e il costo del biglietto sono considerati aspetti molto importanti, mentre influenzano meno fattori come il tipo o il brand della compagnia.

L'efficienza e l'affidabilità dell'aeroporto sia di partenza che di arrivo non influenzano in maniera decisiva gli utenti, mentre la distanza dall'aeroporto di arrivo dalla destinazione finale è considerata una questione fondamentale per la scelta

**Nella scelta dell'aeroporto da cui partire,**

**Quanto ritieni importanti le seguenti caratteristiche?**

	<b>PER NIENTE</b>	<b>POCO</b>	<b>ABBASTANZA</b>	<b>MOLTO</b>	<b>MOLTISSIMO</b>
<i>Tempo di accesso</i>	4,7%	10,6%	21,2%	35,7%	27,7%
<i>Prezzo del biglietto aereo</i>	2,4%	6,9%	22,1%	34,6%	34,0%
<i>Tipo compagnia</i>	10,9%	21,2%	28,7%	28,1%	11,0%
<i>Brand della compagnia</i>	17,9%	32,4%	28,3%	14,8%	6,6%
<i>Efficienza e affidabilità dell'aeroporto di origine</i>	14,2%	27,4%	29,4%	21,7%	7,3%
<i>Efficienza e affidabilità dell'aeroporto di destinazione</i>	14,9%	26,7%	28,7%	21,1%	8,6%
<i>Distanza aeroporto di destinazione dalla destinazione finale</i>	3,0%	8,5%	17,5%	38,2%	32,9%

**5.3 Fase di spostamento Casa-Aeroporto(ingresso)**

In questa fase dello spostamento viene chiesto al passeggero di esprimere un giudizio di utilità associato a:

- Informazioni sui tempi per raggiungere l'aeroporto con un dato mezzo di trasporto e in una data fascia oraria;

- Informazioni sul percorso è il tempo necessario per raggiungere il parcheggio (avendo ipotizzato l'arrivo in auto al terminal e scelto la tipologia di parcheggio);
- Informazioni sull'ubicazione dei posti liberi nel parcheggio;
- Informazioni per raggiungere il terminal.

Di seguito viene riportato il layout delle informazioni e le percentuali di risposta per i diversi livelli di importanza associati all'informazione

	Auto propria	Metro (Treno)	Bus	Taxi	Auto a noleggio	Metro+Bus
Scelta consigliata	4°	3°	2°	6°	5°	1°
Orario di partenza consigliato	10:20	09:33	09:45	10:20	10:15	10:05
Orario di arrivo stimato	11:00	10:38	11:10	11:00	10:50	11:10
Costo totale di viaggio	€ 33.50	€ 15.50	€ 6.00	€ 56.00	€ 49.72	€ 6.50
	<a href="#">Vedi dettagli</a>					

Fig. 60 Layout I informazione

**Quanto sei interessato ad un'informazione che, in base all'orario del volo, ti indica i MODI di trasporto disponibili, l'ORARIO consigliato di partenza, i TEMPI e i COSTI per raggiungere l'aeroporto?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSIMO
2,4%	7,2%	20,8%	35,5%	34,1%



Fig. 61 Layout II informazione

**Quanto sei interessato ad un'informazione che ti indica il PERCORSO e il TEMPO necessario per la tipologia di parcheggio che hai scelto ?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSI MO
3,8%	10,7%	26,8%	35,5%	23,2%



Fig. 62 Layout III informazione

**Quanto sei interessato ad un'informazione che ti indica i POSTI LIBERI ed i PERCORSI all'interno del parcheggio?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSI MO
4,8%	11,5%	22,4%	34,0%	27,3%



*Fig. 63 Layout IV informazione*

**Quanto sei interessato ad un'informazione che ti indica il percorso o la disponibilità di una navetta per raggiungere l'INGRESSO DEL TERMINAL (dal parcheggio o dalla fermata autobus)?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSI MO
3,3%	8,4%	20,2%	38,9%	29,2%

Dalle tabelle si può evincere che queste informazioni sono molto apprezzate dai rispondenti dal momento che potrebbero facilitare le operazioni di parcheggio e arrivo al terminal riducendo i tempi di accesso alla struttura nonché lo stress dell'utente legato all'arrivo in un ambiente caotico.

## 5.4 Fase di spostamento – Ingresso terminal – Check-In

In questa fase dello spostamento viene chiesto ai passeggeri di esprimere un giudizio sull'importanza assegnata ai seguenti tipi di informazione:

- Di wayfinding per raggiungere i banchi check-in
- Sui tempi di attesa
- Sui tempi di attesa con suggerimenti su quando mettersi in coda
- Commerciali

Di seguito viene riportato il layout delle informazioni e le percentuali di risposta per i diversi livelli di importanza associati all'informazione

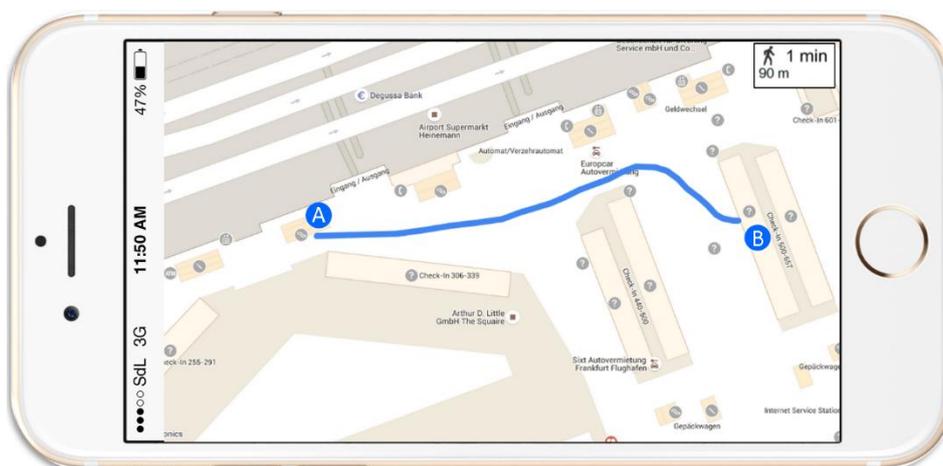


Fig. 64 Layout V informazione

**Quanto sei interessato ad un'informazione che ti indica il percorso per raggiungere i banchi/chioschi CHECK-IN? Quanto ti interessa questo tipo di informazione?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSIMO
4,5%	16,0%	23,6%	33,3%	22,6%

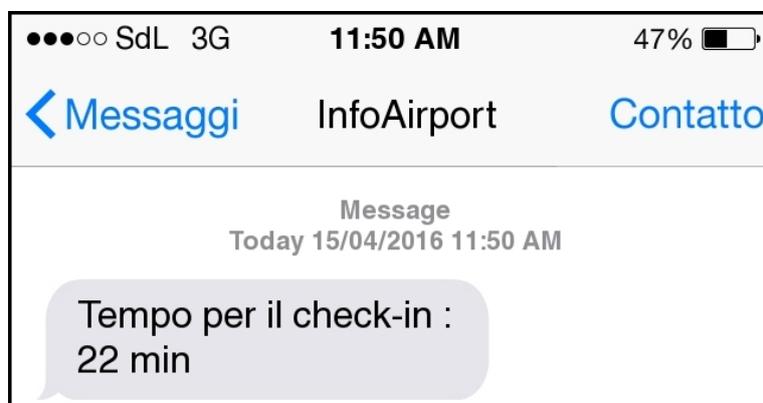


Fig. 65 Layout VI informazione

**Quanto sei interessato ad un'informazione che ti indica il tempo totale per effettuare il CHECK-IN?**

<b>PER NIENTE</b>	<b>POCO</b>	<b>ABBASTAN ZA</b>	<b>MOLTO</b>	<b>MOLTISSI MO</b>
2,6%	14,1%	26,9%	33,8%	22,6%

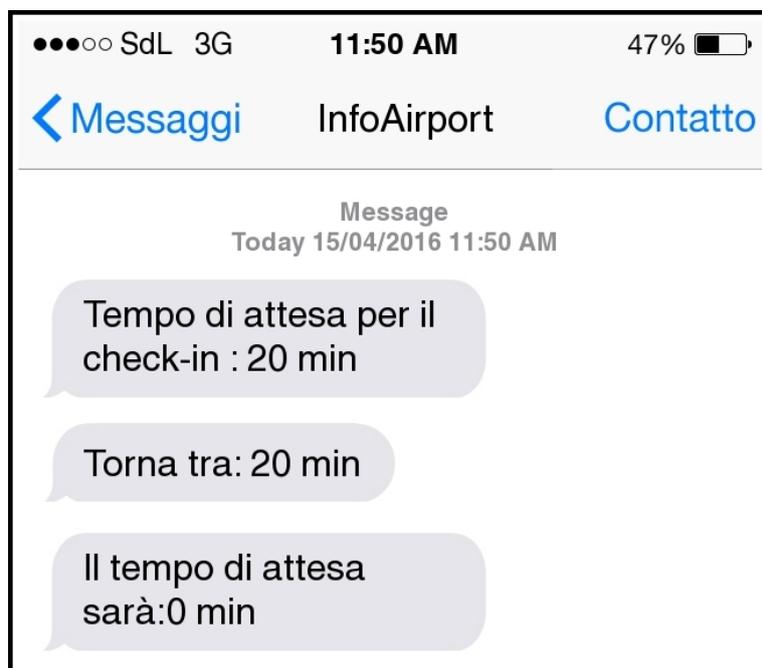


Fig. 66 Layout VII informazione

**Quanto sei interessato ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando effettuare il CHECK-IN?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSI MO
4,3%	13,9%	27,0%	32,1%	22,7%



Fig. 67 Layout VIII informazione

**Prima o dopo il CHECK-IN, quanto potresti essere ad un'informazione in grado di fornirti informazioni commerciali basate sulla tua posizione e sui tuoi interessi?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSI MO
24,3%	40,6%	22,7%	10,1%	2,3%

Dai risultati si evince che mentre alle informazioni sui tempi e di wayfinding viene assegnata una certa importanza, le informazioni commerciali non sono molto prese in considerazione dai rispondenti.

## 5.5 Fase di spostamento: Check-in – Controlli di sicurezza

In questa fase dello spostamento viene chiesto ai passeggeri di esprimere un giudizio sull'importanza assegnata ai seguenti tipi di informazione:

- Di wayfinding per raggiungere le stazioni di sicurezza
- Sui tempi di attesa
- Sui tempi di attesa con suggerimenti su quando mettersi in coda

- Commerciali

Di seguito viene riportato il layout delle informazioni e le percentuali di risposta per i diversi livelli di importanza associati all'informazione



Fig. 68 Layout IX informazione

**Quanto sei interessato ad un'informazione che ti indica il percorso per raggiungere i CONTROLLI DI SICUREZZA?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSI MO
4,5%	18,1%	29,8%	28,8%	18,9%



Fig. 69 Layout X informazione

**Quanto sei interessato ad un'informazione che ti indica il tempo totale per effettuare i CONTROLLI DI SICUREZZA?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSI MO
3,9%	18,5%	25,8%	30,6%	21,2%



Fig. 70 Layout XI informazione

**Quanto sei interessato ad un'informazione che ti indica il tempo totale per effettuare i CONTROLLI DI SICUREZZA?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTANZA	MOLTO	MOLTISSIMO
5,7%	19,6%	23,6%	29,8%	21,3%



Fig. 71 Layout XII informazione

**Nella fase di spostamento check-in - controlli di sicurezza, quanto potresti essere interessato ad un'informazione in grado di fornirti informazioni commerciali basate sulla tua posizione e sui tuoi interessi?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSI MO
29,2%	39,3%	20,8%	8,8%	1,9%

Dai risultati si evince che mentre alle informazioni sui tempi e di wayfinding viene assegnata una certa importanza, le informazioni commerciali non sono molto richieste dai rispondenti.

## 5.6 Fase spostamento: Check-in – Controlli di sicurezza

In questa fase dello spostamento viene chiesto ai passeggeri di esprimere un giudizio sull'importanza assegnata ai seguenti tipi di informazione:

- Di wayfinding per raggiungere il gate

- Commerciali

Di seguito viene riportato il layout delle informazioni e le percentuali di risposta per i diversi livelli di importanza associati all'informazione.

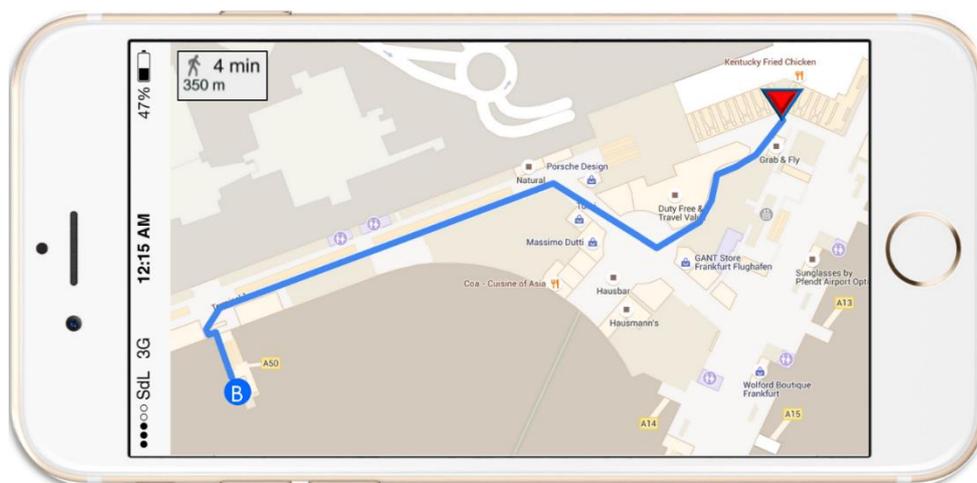


Fig. 72 Layout XIII informazione

**Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il percorso per raggiungere il GATE di imbarco? Quanto ti interessa questo tipo di informazione?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSI MO
3,0%	11,8%	25,4%	35,5%	24,3%



Fig. 73 Layout XIV informazione

**Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il percorso per raggiungere il GATE di imbarco? Quanto ti interessa questo tipo di informazione?**

PER NIENTE	POCO	ABBASTAN ZA	MOLTO	MOLTISSI MO
27,2%	39,9%	21,7%	8,4%	2,7%

Dai risultati si evince che mentre alle informazioni di wayfinding viene assegnata una certa importanza, le informazioni commerciali non sono molto apprezzate dai rispondenti.

## 5.7 Informazioni in merito alla disponibilità ad installare e pagare

Nell'ultima sezione del questionario sono state poste all'utente delle domande in merito alla disponibilità a installare ed eventualmente a pagare per utilizzare un'app su smartphone in grado di erogare servizi informativi.

Il questionario è costruito in maniera tale che se gli utenti dichiarano di non essere interessati ad installare l'app vengono offerti loro alcuni incentivi per motivarli nella scelta. A coloro i quali hanno dichiarato di voler installare l'app (con o senza incentivi) viene chiesto se sono anche disposti a pagare per usufruire delle indicazioni del sistema informativo. Agli utenti che mostrano una disponibilità a pagare viene chiesto di indicare il canone annuale massimo che sarebbero disposti a sostenere.

I rispondenti hanno manifestato un forte interesse a voler installare l'app. Infatti il 76.9% del campione ha dichiarato di essere disposto a scaricare e installare l'app. Tale percentuale sale al 95.4% qualora venissero concessi ai rispondenti una serie di incentivi come sconti e promozioni negli esercizi commerciali all'interno del terminal, Wi-Fi gratuito, etc.

Tra le motivazioni di coloro che invece hanno dichiarato di non essere disposti ad installare l'app spiccano prevalentemente motivi legati alla privacy o al disinteresse verso una qualunque assistenza informativa.

Diverso è l'atteggiamento del campione nei confronti della disponibilità a pagare per usufruire dei servizi dell'app. L'indagine ha infatti evidenziato che solo il 34.59% di coloro che avevano dichiarato di essere disposti ad installare l'app (con o senza incentivi) è disposto a pagare.

Tra coloro che sono disposti a pagare, il 78.26% è disposto a pagare una cifra non superiore ai 3 euro all'anno.

## **5.8 Modelli di propensione all'uso/installazione**

Nella seguente sezione si riportano i risultati della specificazione e calibrazione di modelli di scelta riguardanti la propensione degli utenti ad installare ed eventualmente a pagare per un'app in grado di erogare servizi informativi personalizzati per i passeggeri in partenza fuori e all'interno del terminal.

L'app rappresenta l'interfaccia utente di un sistema informativo che agisce in tutte le fasi di spostamento: da casa fino al momento dell'imbarco.

I modelli di scelta utilizzati per l'analisi dei determinanti, derivanti dalla teoria dell'utilità aleatoria, sono di due tipi:

1. Logit binomiale
2. Logit binomiale con variabile latente.

I modelli sono stati calibrati con l'ausilio del software Biogeme in versione Python.

### 5.8.1 Propensione all'installazione dell'app

#### **Saresti interessato ad installare un'app per ricevere tutte le informazioni fin ora proposte?**

---

32. \*

Contrassegna solo un ovale.

- Sì      *Passa alla domanda 35.*
- No      *Passa alla domanda 33.*

*Fig. 74 Stralcio dell'indagine*

I modelli calibrati presentano unicamente attributi di tipo socio-economico.

#### Il campione

Il campione è costituito da coloro che, durante l'indagine hanno dichiarato di aver preso l'aereo almeno una volta. Tale campione conta 697 rispondenti.

#### L'insieme di scelta

Le alternative dell'insieme di scelta sono le seguenti:

- Alt1 – Installo l'app
- Alt2 – Non installo l'app

### 5.8.1.1 Modello Logit

#### Attributi

Per la scrittura delle funzioni di utilità, relative alle due scelte sono stati considerati tutte le informazioni derivanti dall'indagine. A seguito del processo di calibrazione,

adottando un processo di trial and error, sono stati selezionati solo alcuni degli attributi considerati sulla base di un certo grado di significatività statistica. Di tali attributi si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva.

Attributo	Sigla	Significato	Tipo	SI	max	min
ASA	X <sub>1</sub>	Attributo specifico	binaria		1	1
AGE	X <sub>2</sub>	Età	continua	anni	80	18
STUD	X <sub>3</sub>	Condizione professionale (1= studente,0=altrimenti)	binaria		1	0
FL	X <sub>4</sub>	Condizione professionale (1= libero professionista,0=altrimenti)	binaria		1	0
SUB_DGR	X <sub>5</sub>	Livello di istruzione (1= diploma o licenza media, 0=altrimenti)	binaria		1	0
NFY1	X <sub>6</sub>	Frequenza di volo (1= minore di 1 volo all'anno, 0=altrimenti)	binaria		1	0
T&B	X <sub>7</sub>	Modi di trasporto usualmente utilizzato per recarsi in aeroporto (1= treno e/o bus, 0=altrimenti)	binaria		1	0
TT	X <sub>8</sub>	Quando organizzi un viaggio utilizzi applicazioni Internet o specifiche APP? (1= frequentemente o sempre, 0=altrimenti)	binaria		1	0
IAPT	X <sub>9</sub>	Prima di effettuare un viaggio raccogli informazioni inerenti le caratteristiche dell'aeroporto (mappa interna, parcheggi, percorsi interni)? (1= frequentemente o sempre, 0=altrimenti)	binaria		1	0
IIT01	X <sub>10</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che, in base all'orario del volo, ti indica i MODI di trasporto disponibili, l'ORARIO consigliato di partenza, i TEMPI e i COSTI per raggiungere l'aeroporto? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	binaria		1	0
IIFW02	X <sub>11</sub>	Hai raggiunto il parcheggio. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica i POSTI LIBERI ed i PERCORSI all'interno del parcheggio?	binaria		1	0

		(1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)			
IIT03	X <sub>12</sub>	Sei arrivato nella zona CHECK-IN. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando effettuare il CHECK-IN? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	binaria	1	0
IIT05	X <sub>13</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando recarti ai CONTROLLI DI SICUREZZA compatibilmente all'orario di imbarco previsto? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	binaria	1	0
IIFW06	X <sub>14</sub>	Hai superato i controlli di sicurezza, che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il percorso per raggiungere il GATE di imbarco? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	binaria	1	0
IIC03	X <sub>15</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti fornisce informazioni commerciali lungo il percorso fino al GATE? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	binaria	1	0

Il modello

Il modello adottato è un modello Logit binomiale. Le probabilità di scelta delle due alternative sono le seguenti:

$$P[Alt1] = \frac{e^{V[Alt1]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}} \quad P[Alt2] = \frac{e^{V[Alt2]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}}$$

Riportiamo di seguito le equazioni strutturali (funzioni di utilità sistematica) del modello

- Il modello di scelta

$$V_{Alt1} = \sum_{i=1}^{15} \beta_i X_i$$

$$V_{Alt2} = 0$$

### Calibrazione del modello

La calibrazione ha permesso di individuare il valore dei parametri nonché la loro significatività sulla base del t-test. Vengono riportati di seguito i risultati della calibrazione riassunti in una tabella nella quale è riportato il valore iniziale e finale della verosimiglianza, il valore della  $\rho^2$ , il valore dei parametri associati agli attributi considerati, nonché il loro grado di significatività.

Gruppo	Nome	Sigla	Valore	
			Installo	Non installo
Attributi socio-economici e di spostamento	Asa	ASA	<b>1.02</b>	
			(+1.87)	
		AGE	<b>-0.0305</b>	
			(-2.96)	
		STUD	<b>0.357</b>	
			(+1.07)	
		FL	<b>0.463</b>	
		(+1.39)		
	SUB_DGR	<b>-0.371</b>		
		(-1.67)		
	NFY1	<b>-0.284</b>		
		(-1.3)		
	T&B	<b>-0.254</b>		
		(-1.23)		
Abitudini (organizzazione e viaggio)	TT	X <sub>8</sub>	<b>0.651</b>	
			(+3.2)	

	IAPT	X <sub>9</sub>	<b>0.691</b> (+2.69)
	IIT01	X <sub>10</sub>	<b>0.505</b> (+2.33)
Importanza info (tempi)	IIT03	X <sub>12</sub>	<b>0.483</b> (+1.91)
	IIT05	X <sub>13</sub>	<b>0.543</b> (+2.05)
Importanza info (wayfinding)	IWF02	X <sub>11</sub>	<b>0.302</b> (+1.45)
	IWF06	X <sub>14</sub>	<b>0.352</b> (+1.59)
Importanza info (commerciali)	IIC03	X <sub>15</sub>	<b>1.09</b> (+2.2)

<b>Numero di osservazioni</b>	697
<b>Log-likelihood iniziale</b>	-483.124
<b>Log-likelihood finale</b>	-318.346
<b><math>\rho^2</math></b>	0.341

#### *Analisi dei risultati*

Gli attributi sono stati organizzati in sei gruppi. Il primo gruppo conta solamente l'attributo specifico dell'alternativa.

Il secondo racchiude gli attributi che fanno riferimento alle caratteristiche socio-economiche dell'utente nonché le sue abitudini di spostamento (frequenza di voli annua e modo di trasporto utilizzato più frequentemente per recarsi in aeroporto).

Nel terzo e ultimo gruppo rientrano gli attributi associati alle modalità di organizzazione del viaggio e della raccolta di informazioni pre-trip

Negli ultimi gruppi invece sono presenti gli attributi che fanno riferimento ai giudizi espressi dai passeggeri in merito all'utilità di informazioni legate ai tempi, alla movimentazione e sugli esercizi commerciali.

Negli attributi socio-economici è risultata significativa l'età. Il segno negativo sta a significare che la platea più giovane è più propensa ad installare l'app. Questo si può spiegare ammettendo che i giovani mostrano una tendenza più accentuata nell'utilizzo delle tecnologie mobili.

L'analisi ha anche mostrato che studenti e liberi professionisti, probabilmente per motivazioni legate ad esigenze di mobilità sono maggiormente disposti ad installare l'app.

Significativo è risultato anche l'attributo legato al livello di istruzione. I non laureati palesano una minore propensione ad installare l'app.

Inoltre chi viaggia poco, meno di una volta all'anno, è meno disposto ad installare l'app. Questo risultato si può spiegare ammettendo che chi ha poca esperienza nell'uso dell'aereo come mezzo di trasporto può non apprezzare i servizi offerti dall'app.

Dall'indagine è inoltre emerso, come era prevedibile, che chi già utilizza delle app per organizzare il proprio viaggio o per raccogliere informazioni sullo specifico aeroporto è più propenso ad installarne una capace di erogare i servizi informativi descritti.

Le risposte degli utenti hanno inoltre evidenziato che non tutte le informazioni ritenute importanti sono significative al fine della scelta di scaricare l'app.

In ogni caso, dall'indagine risulta, come ci si aspettava, maggiore è il grado di importanza assegnata ad un'informazione e più alta risulta la propensione ad installare l'app (i segni dei parametri associati agli attributi legati all'importanza delle info sono positivi).

Il modello così ottenuto è stato validato sugli stessi dati utilizzati per la calibrazione. I risultati della validazione hanno mostrato che quasi nel 78% dei casi, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello.

### 5.8.1.2 Modello Ibrido a variabili latenti

#### *Definizione delle variabili latenti*

A seguito delle procedure di calibrazione è stata individuata la seguente variabile latente:

Z1: esprime il bisogno di informazione richiesto agli utenti. La specificazione è stata possibile perché nel questionario erano presenti delle domande che presupponevano la manifestazione di tale variabile.

#### *Attributi*

Per la scrittura delle funzioni di utilità, relative alle due scelte sono stati considerati tutte le informazioni derivanti dall'indagine. A seguito del processo di calibrazione, adottando un processo di trial and error, sono stati selezionati solo alcuni degli attributi considerati sulla base di un certo grado di significatività statistica. Di tali attributi si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva.

Attributo	Sigla	Significato	Tipo	SI	max	min
Z1	X <sub>1</sub>	Bisogno informazione	Binaria		1	1
AGE	X <sub>2</sub>	Età	Continua	anni	80	18
STUD	X <sub>3</sub>	Condizione professionale (1= studente;0=altrimenti)	Binaria		1	0
FL	X <sub>4</sub>	Condizione professionale (1= libero professionista,0=altrimenti)	Binaria		1	0
SUB_DGR	X <sub>5</sub>	Livello di istruzione (1= diploma o licenza media; 0=altrimenti)	Binaria		1	0
NFY1	X <sub>6</sub>	Frequenza di volo (1= minore di 1 voli all'anno, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
T&B	X <sub>7</sub>	Modi di trasporto usualmente utilizzato per recarsi in aeroporto (1= treno e/o bus; 0=altrimenti)	Binaria		1	0

TT	X <sub>8</sub>	Quando organizzi un viaggio utilizzi applicazioni Internet o specifiche APP? (1=frequentemente o sempre; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
IAPT	X <sub>9</sub>	Prima di effettuare un viaggio raccogli informazioni inerenti le caratteristiche dell'aeroporto (mappa interna, parcheggi, percorsi interni)? (1=frequentemente o sempre; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
IIT01	X <sub>10</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che, in base all'orario del volo, ti indica i MODI di trasporto disponibili, l'ORARIO consigliato di partenza, i TEMPI e i COSTI per raggiungere l'aeroporto? (1=alta o altissima importanza; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
IIFW02	X <sub>11</sub>	Hai raggiunto il parcheggio. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica i POSTI LIBERI ed i PERCORSI all'interno del parcheggio? (1=alta o altissima importanza; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
IIT03	X <sub>12</sub>	Sei arrivato nella zona CHECK-IN. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando effettuare il CHECK-IN? (1=alta o altissima importanza; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
IIT05	X <sub>13</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando recarti ai CONTROLLI DI SICUREZZA compatibilmente all'orario di imbarco previsto? (1=alta o altissima importanza; 0=altrimenti)	Binaria	1	0
IIFW06	X <sub>14</sub>	Hai superato i controlli di sicurezza, che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il percorso per raggiungere il GATE	Binaria	1	0

		di imbarco? (1=alta o altissima importanza; 0=altrimenti)			
IIC03	X <sub>15</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti fornisce informazioni commerciali lungo il percorso fino al GATE? (1=alta o altissima importanza; 0=altrimenti)	Binaria	1	0

- Attributi modello di variabile latente

Attributo	Sigla	Significato	Tipo	SI	max	min
AGE	X <sub>16</sub>	Età	Continua	anni	80	18
EMP	X <sub>17</sub>	Condizione professionale (1=lavoratore dipendente,0=altrimenti)	Binaria		1	0
SUB_DGR	X <sub>18</sub>	Livello di istruzione (1= diploma o licenza media, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
NFY0	X <sub>19</sub>	Frequenza di volo (1= minore di 2 voli all'anno, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
APP	X <sub>20</sub>	Come usualmente organizzati i tuoi viaggi (volo, hotel, etc.)? (1=APP su smartphone;0=altrimenti)	Binaria		1	0

- Indicatori modello di variabile latente

Indicatore	Sigla	Significato	max	min
STAPP	I <sub>1_z1</sub>	Quando organizzi un viaggio con che frequenza utilizzi applicazioni Internet o specifiche APP?	5	1
IAPT	I <sub>3_z1</sub>	Prima di effettuare un viaggio raccogli informazioni inerenti le caratteristiche dell'aeroporto (mappa interna, parcheggi, percorsi interni)?	5	1
IIT01	I <sub>12_z1</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che, in base all'orario del volo, ti indica i MODI di trasporto disponibili, l'ORARIO consigliato di partenza, i TEMPI e i COSTI per raggiungere l'aeroporto?	5	1
IIWF02	I <sub>14_z1</sub>	Hai raggiunto il parcheggio. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica i POSTI LIBERI ed i PERCORSI all'interno del parcheggio?	5	1
IIT03	I <sub>18_z1</sub>	Sei arrivato nella zona CHECK-IN. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando effettuare il CHECK-IN?	5	1
IIT05	I <sub>22_z1</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a	5	1

		quando recarti ai CONTROLLI DI SICUREZZA compatibilmente all'orario di imbarco previsto?		
IIWF06	I <sub>24_z1</sub>	Hai superato i controlli di sicurezza, che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il percorso per raggiungere il GATE di imbarco?	5	1
IIC03	I <sub>25_z1</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti fornisce informazioni commerciali lungo il percorso fino al GATE?	5	1

Il modello

Il modello adottato è un modello Logit binomiale. Le probabilità di scelta delle due alternative sono le seguenti:

$$P[Alt1] = \frac{e^{V[Alt1]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}} \quad P[Alt2] = \frac{e^{V[Alt2]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}}$$

Riportiamo di seguito le equazioni strutturali e di misura del modello

- Il modello di scelta

$$V_{Alt1} = \sum_{i=1}^{15} \beta_i X_i$$

$$V_{Alt2} = 0$$

- Modello di variabile latente

$$Z_1 = \sum_{i=16}^{20} \beta_i X_i$$

- Equazioni di misura

$$I_{1z1} = \beta_{I1z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{3z1} = \beta_{I2z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{12z1} = \beta_{I12z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{14z1} = \beta_{I14z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{18z1} = \beta_{I18z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{22z1} = \beta_{I22z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{24z1} = \beta_{I24z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{25z1} = \beta_{I25z1} * Z_1 + \eta$$

La figura sottostante rappresenta un frame work del modello di scelta.

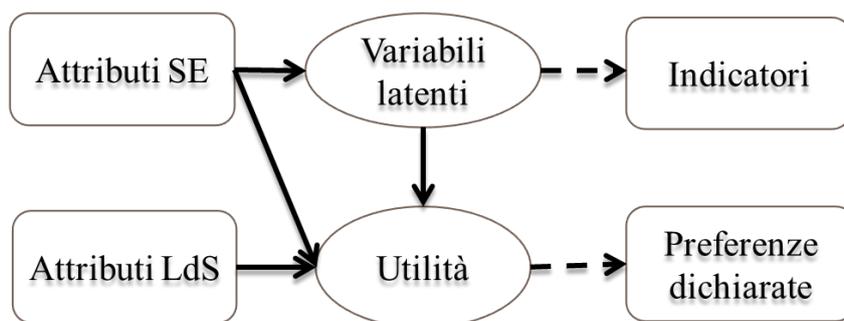


Fig. 75 Framework del modello di scelta

La figura sottostante evidenzia le relazioni che sussistono tra attributi osservabili e le variabili latenti

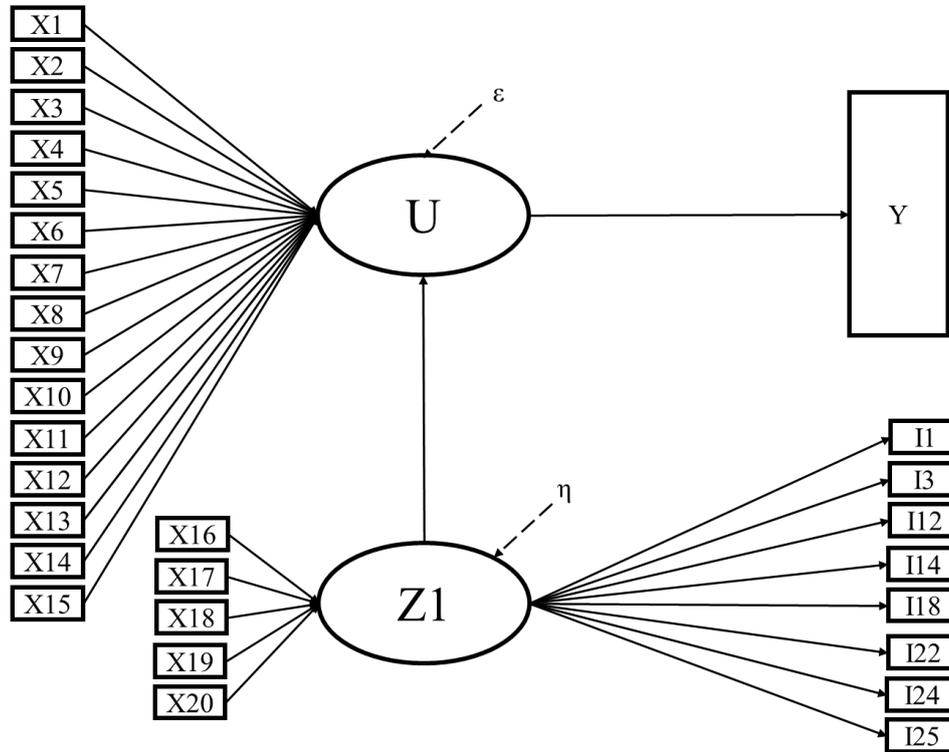


Fig. 76 relazioni tra variabili, attributi e indicatori

Calibrazione

La calibrazione ha permesso di individuare il valore dei parametri nonché la loro significatività sulla base del t-test. Vengono riportati di seguito i risultati della calibrazione riassunti in una tabella nella quale è riportato il valore iniziale e finale della verosimiglianza, il valore della  $\rho^2$ , il valore dei parametri associati agli attributi considerati, nonché il loro grado di significatività.

- Modello di scelta

Gruppo	Nome	Sigla	Valore	
			Installo	Non installo
Bisogno informativo	Z1	X <sub>1</sub>	<b>7.32</b>	
			(+4.35)	
	AGE	X <sub>2</sub>	<b>-0.153</b>	

			<b>(-4.76)</b>
Attributi socio-economici e di spostamento	STUD	X <sub>3</sub>	<b>0.997</b> (+3.28)
	FL	X <sub>4</sub>	<b>0.723</b> (+2.13)
	SUB_DGR	X <sub>5</sub>	<b>-1.7</b> (-3.59)
	NFY1	X <sub>6</sub>	<b>-0.665</b> (-2.66)
	T&B	X <sub>7</sub>	<b>-0.284</b> (-1.4)
Abitudini (organizzazione viaggio)	TT	X <sub>8</sub>	<b>0.454</b> (+2.19)
	IAPT	X <sub>9</sub>	<b>0.726</b> (+2.78)
Importanza info (tempi)	IIT01	X <sub>10</sub>	<b>0.642</b> (+2.97)
	IIT03	X <sub>12</sub>	<b>0.359</b> (+1.7)
	IIT05	X <sub>13</sub>	<b>0.616</b> (+2.4)
Importanza info (wayfinding)	IIWF02	X <sub>11</sub>	<b>0.425</b> (+1.57)
	IIWF06	X <sub>14</sub>	<b>0.377</b> (+1.66)
Importanza info (commerciali)	IIC03	X <sub>15</sub>	<b>1.01</b> (+2.03)

- Modello di variabile latente

Nome	Sigla	Valore
		<b>0.0182</b>
AGE	X <sub>16</sub>	(+37.65)
EMP	X <sub>17</sub>	<b>0.0632</b>

		(+2.61)
SUB_DGR	X <sub>18</sub>	<b>0.148</b> (+4.26)
NFY0	X <sub>19</sub>	<b>0.143</b> (+5.04)
APP	X <sub>20</sub>	<b>0.158</b> (+5.15)

- Modello di misura

Indicatore	Sigla	Parametro	Valore
STAPP	I <sub>1_z1</sub>	$\beta_{I1z1}$	<b>1.43</b> (+12.07)
IAPT	I <sub>3_z1</sub>	$\beta_{I3z1}$	<b>2.48</b> (+13.99)
IIT01	I <sub>12_z1</sub>	$\beta_{I12z1}$	<b>0.765</b> (+7.74)
IIWF02	I <sub>14_z1</sub>	$\beta_{I14z1}$	<b>1.15</b> (+10.41)
IIT03	I <sub>18_z1</sub>	$\beta_{I18z1}$	<b>1.43</b> (+11.95)
IIT05	I <sub>22_z1</sub>	$\beta_{I22z1}$	<b>1.45</b> (+11.97)
IIWF06	I <sub>24_z1</sub>	$\beta_{I24z1}$	<b>1.26</b> (+10.93)
IIC03	I <sub>25_z1</sub>	$\beta_{I25z1}$	<b>4.59</b> (+12.21)

<b>Numero di osservazioni</b>	697
<b>Log-likelihood iniziale</b>	-14490.2
<b>Log-likelihood finale</b>	-9232.28
<b><math>\rho^2</math></b>	0.363

#### Analisi dei risultati

Com'è possibile notare gli attributi significativi utilizzati per calibrare il modello di compliance, con l'introduzione della variabile latente, sono gli stessi (fatta eccezione

della Z1) della specificazione precedente ed inoltre conservano gli stessi segni. Per semplicità quindi di seguito si riportano le medesime considerazioni fatte in precedenza.

Gli attributi sono stati organizzati in sei gruppi. Il primo gruppo conta solamente la variabile latente che come prima specificato rappresenta l'intrinseco bisogno informativo dell'utente. Come possiamo notare il parametro ad esso associato presenta segno positivo questo sta a significare che maggiore è l'attitudine del passeggero a sentire il bisogno di un supporto informativo durante il viaggio e maggiore è la propensione ad installare l'app.

Il secondo racchiude gli attributi che fanno riferimento alle caratteristiche socio-economiche dell'utente nonché le sue abitudini di spostamento (frequenza di voli annua e modo di trasporto utilizzato più frequentemente per recarsi in aeroporto).

Nel terzo e ultimo gruppo rientrano gli attributi associati alle modalità di organizzazione del viaggio e della raccolta di informazioni pre-trip.

Negli ultimi gruppi invece sono presenti gli attributi che fanno riferimento ai giudizi espressi dai passeggeri in merito all'utilità di informazioni legate ai tempi, alla movimentazione e sugli esercizi commerciali.

Negli attributi socio-economici è risultata significativa l'età. Il segno negativo sta a significare che la platea più giovane è più propensa ad installare l'app. Questo si può spiegare ammettendo che i giovani mostrano una tendenza più accentuata nell'utilizzo delle tecnologie mobili.

L'analisi ha anche mostrato che studenti e liberi professionisti, probabilmente per motivazioni legate ad esigenze di mobilità sono maggiormente disposti ad installare l'app.

Significativo è risultato anche l'attributo legato al livello di istruzione. I non laureati palesano una minore propensione ad installare l'app.

Inoltre chi viaggia poco, meno di una volta all'anno, è più disposto ad installare l'app. Questo risultato si può spiegare ammettendo che questa classe di utenti, viaggiando poco e avendo poca dimestichezza con le strutture e le dinamiche aeroportuali apprezza maggiormente i servizi informativi offerti dall'app.

Dall'indagine è inoltre emerso, come era prevedibile, che chi già utilizza delle app per organizzare il proprio viaggio o per raccogliere informazioni sullo specifico aeroporto è più propenso ad installarne una capace di erogare i servizi informativi descritti.

Le risposte degli utenti hanno inoltre evidenziato che non tutte le informazioni ritenute importanti sono significative al fine della scelta di scaricare l'app.

In ogni caso, dall'indagine risulta, come ci si aspettava, maggiore è il grado di importanza assegnata ad un'informazione e più alta risulta la propensione ad installare l'app (i segni dei parametri associati agli attributi legati all'importanza delle info sono positivi).

Tutti gli attributi individuati per la definizione della variabile latente mostrano un parametro ad essi associato positivo.

I segni dei parametri associati agli indicatori sono tutti positivi. Questo sta a significare che maggiore è il grado di giudizio assegnato ad un indicatore e maggiore è l'influenza che su di esso ha la variabile latente.

Il modello così ottenuto è stato validato sugli stessi dati utilizzati per la calibrazione. I risultati della validazione hanno mostrato che quasi nel 79% dei casi, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello.

### 5.8.2 Propensione a pagare per installare l'app

**Quanto saresti disposto a pagare per un'applicazione in grado di informarti durante lo spostamento da CASA (punto di partenza) fino al GATE di imbarco (punto di arrivo)?**

\*

	Non sono disposto a pagare	fino ad 1 euro all'anno	fino ad 2 euro all'anno	fino a 3 euro all'anno	fino a 5 euro all'anno	fino a 10 euro all'anno	fino a 15 euro all'anno
esprimi una preferenza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fig. 77 Stralcio dell'indagine

#### Il campione

Il campione è costituito da coloro che, durante l'indagine hanno dichiarato di:

- Aver preso l'aereo almeno una volta;
- Essere disposti ad installare l'app (con o senza incentivo).

Il campione conta 628 rispondenti.

Sono state poi fissate 7 soglie massime di pagamento sulle quali l'utente è stato chiamato ad indicare la soglia massima che è disposto a pagare per installare l'app.

Il campione è stato dunque moltiplicato per il numero di soglie ottenendo così 4396 osservazioni.

Quindi in definitiva un utente che dichiara di essere disposto a pagare fino ad una certa soglia, dichiara implicitamente di essere disposto a pagare anche per soglie più basse.

Ogni utente viene dunque contato 7 volte e, in generale, in corrispondenza di certi valori di soglia (e a quelli inferiori) dichiarerà di essere disposto a pagare per l'app e in corrispondenza di altri invece dichiarerà di non essere disposto a pagare.

#### L'insieme di scelta

Le alternative dell'insieme di scelta sono le seguenti:

- **Alt1** – Installo l'app (a pagamento)
- **Alt2** – Non installo l'app

### 5.8.2.1 Modello logit

#### Attributi

Per la scrittura delle funzioni di utilità, relative alle due scelte sono stati considerati tutte le informazioni derivanti dall'indagine. A seguito del processo di calibrazione, adottando un processo di trial and error, sono stati selezionati solo alcuni degli attributi considerati sulla base di un certo grado di significatività statistica. Di tali attributi si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva.

Attributo	Sigla	Significato	Tipo	SI	max	min
ASA	X <sub>1</sub>	Attributo specifico	Binaria		1	1
SEX	X <sub>2</sub>	Genere (1=maschio; 2=altrimenti)	Binaria		1	0
AGE	X <sub>3</sub>	Età	Continua	anni	80	18
FL	X <sub>4</sub>	Condizione professionale (1= libero professionista, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
NFY3	X <sub>5</sub>	Frequenza di volo (1=maggiore di tre volte all'anno, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
APP	X <sub>6</sub>	Come usualmente organizzi tuoi viaggi (volo, hotel, etc.)? (1=APP su smartphone; 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IAPT	X <sub>7</sub>	Prima di effettuare un viaggio raccogli informazioni inerenti le caratteristiche dell'aeroporto (mappa interna, parcheggi, percorsi interni)? (1= frequentemente o sempre, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IAT	X <sub>8</sub>	Nella scelta dell'aeroporto da cui partire, quanto ritieni importante il tempo di accesso? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IIT01	X <sub>9</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che, in base all'orario del volo, ti indica i MODI di trasporto disponibili, l'ORARIO	Binaria		1	0

		consigliato di partenza, i TEMPI e i COSTI per raggiungere l'aeroporto? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)				
IIT03	X <sub>10</sub>	Sei arrivato nella zona CHECK-IN. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando effettuare il CHECK-IN? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IIT05	X <sub>11</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando recarti ai CONTROLLI DI SICUREZZA compatibilmente all'orario di imbarco previsto? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IIFW02	X <sub>12</sub>	Hai raggiunto il parcheggio. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica i POSTI LIBERI ed i PERCORSI all'interno del parcheggio? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
COST	X <sub>13</sub>	Costo massimo	Discreto	euro/anno	15	0

Il modello

Il modello adottato è un modello Logit binomiale. Le probabilità di scelta delle due alternative sono le seguenti:

$$P[Alt1] = \frac{e^{V[Alt1]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}} \quad P[Alt2] = \frac{e^{V[Alt2]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}}$$

Riportiamo di seguito le equazioni strutturali (funzioni di utilità sistematica) del modello

- Il modello di scelta

$$V_{Alt1} = \sum_{i=1}^{12} \beta_i X_i$$

$$V_{Alt2} = \beta_{13} X_{13}$$

#### Calibrazione del modello

La calibrazione ha permesso di individuare il valore dei parametri nonché la loro significatività sulla base del t-test. Vengono riportati di seguito i risultati della calibrazione riassunti in una tabella nella quale è riportato il valore iniziale e finale della verosimiglianza, il valore della  $\rho^2$ , il valore dei parametri associati agli attributi considerati, nonché il loro grado di significatività.

Gruppo	Nome	Sigla	Valore	
			Installo	Non installo
Asa	ASA	X <sub>1</sub>	<b>-0.308</b> (-1.6)	
	SEX	X <sub>2</sub>	<b>-0.185</b> (-1.99)	
Attributi socio-economici e di spostamento	AGE	X <sub>3</sub>	<b>0.015</b> (+3.75)	
	FL	X <sub>4</sub>	<b>0.247</b> (+1.83)	
	NFY3	X <sub>5</sub>	<b>0.242</b> (+2.47)	
Abitudini (organizzazione viaggio)	APP	X <sub>6</sub>	<b>0.273</b> (+2.22)	
	IAPT	X <sub>7</sub>	<b>0.127</b> (+1.26)	
Importanza info scelta aeroporto	IAT	X <sub>8</sub>	<b>0.141</b> (+1.45)	
Importanza info (tempi)	IIT01	X <sub>9</sub>	<b>0.41</b> (+3.79)	

	IIT03	X <sub>10</sub>	<b>0.301</b> (+2.65)
	IIT05	X <sub>11</sub>	<b>0.106</b> (+0.93)
Importanza info (wayfinding)	IWFO2	X <sub>12</sub>	<b>0.164</b> (+1.7)
LdS	COST	X <sub>13</sub>	<b>0.903</b> (+25.05)

<b>Numero di osservazioni</b>	4396
<b>Log-likelihood iniziale</b>	-3047.08
<b>Log-likelihood finale</b>	-1526.7
<b><math>\rho^2</math></b>	0.499

#### Analisi dei risultati

Gli attributi sono stati organizzati in 7 gruppi. Il primo gruppo conta solamente l'attributo specifico dell'alternativa.

Il secondo racchiude gli attributi che fanno riferimento alle caratteristiche socio-economiche dell'utente nonché le sue abitudini di spostamento (frequenza di voli annua e modo di trasporto utilizzato più frequentemente per recarsi in aeroporto).

Nel terzo gruppo rientrano gli attributi associati alle modalità di organizzazione del viaggio e della raccolta di informazioni pre-trip.

Il quarto gruppo contiene solamente un attributo che esprime il grado di importanza che, nella scelta dell'aeroporto da dove partire, l'utente associa al tempo di accesso.

Nel quinto e nel sesto gruppo invece sono presenti gli attributi che fanno riferimento ai giudizi espressi dai passeggeri in merito all'utilità di informazioni legate ai tempi, alla movimentazione.

L'ultimo gruppo comprende l'attributo costo.

Negli attributi socio-economici è risultato significativo il genere: le donne sono più disposte a pagare per installare l'app.

Inoltre è risultata significativa l'età. Il segno positivo sta a indicare che la platea meno giovane è più propensa ad installare l'app. Questo si può spiegare ammettendo

che le persone più mature presentano una maggiore disponibilità monetaria rispetto ai giovani e quindi possono permettersi più facilmente di pagare.

L'analisi ha anche mostrato che i liberi professionisti, probabilmente per motivazioni legate ad esigenze di mobilità o di reddito, sono maggiormente disposti a pagare per installare l'app.

Inoltre chi viaggia molto (più di 3 volte all'anno) è più disposto a pagare per installare l'app. Questo risultato si può spiegare ammettendo che questa classe di utenti, viaggiando molto e avendo necessità di velocizzare gli spostamenti e tutte le attività ad essi legate sarebbero disposti anche a pagare per soddisfare i propri bisogni di mobilità.

Dall'indagine è inoltre emerso, come era prevedibile, che chi già utilizza delle app per organizzare il proprio viaggio o per raccogliere informazioni sullo specifico aeroporto è più propenso a pagare per usufruire dei servizi dell'app.

Le risposte degli utenti hanno inoltre evidenziato che non tutte le informazioni ritenute importanti sono significative al fine della scelta di pagare scaricare l'app.

In ogni caso, dall'indagine risulta, come ci si aspettava, che maggiore è il grado di importanza assegnata ad un'informazione e più alta risulta la propensione ad installare l'app (i segni dei parametri associati agli attributi legati all'importanza delle info sono positivi).

In merito al parametro legato all'attributo costo si presenta, il linea con le aspettative, con segno positivo. Quindi maggiore è il costo e minore è la propensione a pagare.

Riportiamo di seguito un diagramma che mette in luce l'importanza dei diversi attributi. Tale importanza è espressa dal parametro  $\mu$  che è pari al valore dei parametri dei singoli attributi pesato rispetto al parametro dell'attributo costo.

$$\mu_i = \frac{\beta_i}{\beta_{COST}}$$

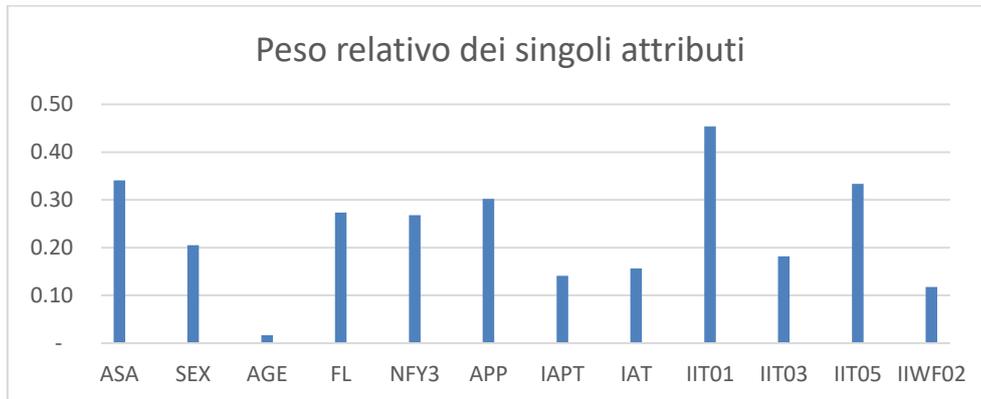


Fig. 78 *Peso relativo dei singoli attributi rispetto al costo*

Com'è possibile notare tutti gli attributi hanno un peso minore rispetto al costo.

Il modello così ottenuto è stato validato sugli stessi dati utilizzati per la calibrazione. I risultati della validazione hanno mostrato che quasi nel 87% dei casi, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello.

#### 5.8.2.2 Modello Ibrido a Variabili latenti

##### Definizione delle variabili latenti

A seguito delle procedure di calibrazione è stata individuata la seguente variabile latente:

Z1 che esprime il bisogno di informazione richiesto agli utenti.

La specificazione è stata possibile perché nel questionario erano presenti delle domande che presupponevano la manifestazione di tale variabile.

##### Attributi

Per la scrittura delle funzioni di utilità, relative alle due scelte sono stati considerati tutte le informazioni derivanti dall'indagine. A seguito del processo di calibrazione, adottando un processo di trial and error, sono stati selezionati solo alcuni degli attributi considerati sulla base di un certo grado di significatività statistica. Di tali attributi si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva.

Attributo	Sigla	Significato	Tipo	SI	max	min
Z1	X <sub>1</sub>	Bisogno informativo	Binaria			
SEX	X <sub>2</sub>	Genere (1=maschio; 2=altrimenti)	Binaria		1	0
AGE	X <sub>3</sub>	Età	Continua	anni	80	18
FL	X <sub>4</sub>	Condizione professionale (1=libero professionista,0=altrimenti)	Binaria		1	0
NFY3	X <sub>5</sub>	Frequenza di volo (1=maggiore di tre volte all'anno, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
APP	X <sub>6</sub>	Come usualmente organizzi tuoi viaggi (volo, hotel, etc.)? (1=APP su smartphone;0=altrimenti)	Binaria		1	0
IAPT	X <sub>7</sub>	Prima di effettuare un viaggio raccogli informazioni inerenti le caratteristiche dell'aeroporto (mappa interna, parcheggi, percorsi interni)? (1= frequentemente o sempre, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IAT	X <sub>8</sub>	Nella scelta dell'aeroporto da cui partire, quanto ritieni importante il tempo di accesso? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IIT01	X <sub>9</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che, in base all'orario del volo, ti indica i MODI di trasporto disponibili, l'ORARIO consigliato di partenza, i TEMPI e i COSTI per raggiungere l'aeroporto? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IIT03	X <sub>10</sub>	Sei arrivato nella zona CHECK-IN. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando effettuare il CHECK-IN? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
IIT05	X <sub>11</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica	Binaria		1	0

		il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando recarti ai CONTROLLI DI SICUREZZA compatibilmente all'orario di imbarco previsto? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)				
IIWF02	X <sub>12</sub>	Hai raggiunto il parcheggio. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica i POSTI LIBERI ed i PERCORSI all'interno del parcheggio? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
COST	X <sub>13</sub>	Costo massimo	Discreto	euro/anno	15	0

*Attributi del modello di variabile latente*

Attributo	Sigla	Significato	Tipo	SI	max	min
AGE31_100	X <sub>14</sub>	Età (1=età superiore ai 31 anni; 0=altrimenti)	Binaria		1	1
EMP	X <sub>15</sub>	Condizione professionale (1=lavoratore dipendente, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
SUB_DGR	X <sub>16</sub>	Livello di istruzione (1= diploma o licenza media, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
NFY0	X <sub>17</sub>	Frequenza di volo (1= minore di 2 voli all'anno, 0=altrimenti)	Binaria		1	0
OWNCAR	X <sub>18</sub>	Mezzo di trasporto usualmente utilizzato per recarsi all'aeroporto (1= auto propria; 0= altrimenti)	Binaria		1	0

*Indicatori modello di variabile latente*

Indicatore	Sigla	Significato	max	min
STAPP	I <sub>1_z1</sub>	Quando organizzi un viaggio con che frequenza utilizzi applicazioni Internet o specifiche APP?	5	1
IAPT	I <sub>3_z1</sub>	Prima di effettuare un viaggio raccogli informazioni inerenti le caratteristiche dell'aeroporto (mappa interna, parcheggi, percorsi interni)?	5	1
IAT	I <sub>5_z1</sub>	Nella scelta dell'aeroporto da cui partire, quanto ritieni importante il tempo di accesso? (1=alta o altissima importanza, 0=altrimenti)	5	1

IIT01	I <sub>12_z1</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che, in base all'orario del volo, ti indica i MODI di trasporto disponibili, l'ORARIO consigliato di partenza, i TEMPI e i COSTI per raggiungere l'aeroporto?	5	1
IIWF01	I <sub>13_z1</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il PERCORSO e il TEMPO necessario per recarti nel parcheggio che hai scelto?	5	1
IIWF02	I <sub>14_z1</sub>	Hai raggiunto il parcheggio. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica i POSTI LIBERI ed i PERCORSI all'interno del parcheggio?	5	1
IIWF03	I <sub>15_z1</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il percorso o la disponibilità di una navetta per raggiungere l'INGRESSO DEL TERMINAL (dal parcheggio o dalla fermata autobus)?	5	1
IIT03	I <sub>18_z1</sub>	Sei arrivato nella zona CHECK-IN. Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando effettuare il CHECK-IN?	5	1
IIT05	I <sub>22_z1</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il tempo di attesa e suggerimenti in merito a quando recarti ai CONTROLLI DI SICUREZZA compatibilmente all'orario di imbarco previsto?	5	1
IIC02	I <sub>23_z1</sub>	Nella fase di spostamento check-in-controlli di sicurezza che importanza assegni ad un'informazione in grado di fornirti informazioni commerciali basate sulla tua posizione e sui tuoi interessi?	5	1
IIWF06	I <sub>24_z1</sub>	Hai superato i controlli di sicurezza, che importanza assegni ad un'informazione che ti indica il percorso per raggiungere il GATE di imbarco?	5	1
IIC03	I <sub>25_z1</sub>	Che importanza assegni ad un'informazione che ti fornisce informazioni commerciali lungo il percorso fino al GATE?	5	1

### Il modello

Il modello adottato è un modello Logit binomiale. Le probabilità di scelta delle due alternative sono le seguenti:

$$P[Alt1] = \frac{e^{V[Alt1]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}} \quad P[Alt2] = \frac{e^{V[Alt2]}}{e^{V[Alt1]} + e^{V[Alt2]}}$$

Riportiamo di seguito le equazioni strutturali e di misura del modello

- Il modello di scelta

$$V_{Alt1} = \sum_{i=1}^{12} \beta_i X_i$$

$$V_{Alt2} = \beta_{13} X_{13}$$

- Modello di variabile latente

$$Z_1 = \sum_{i=14}^{18} \beta_i X_i$$

- Equazioni di misura

$$I_{1z1} = \beta_{I1z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{3z1} = \beta_{I3z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{5z1} = \beta_{I5z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{12z1} = \beta_{I12z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{13z1} = \beta_{I13z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{14z1} = \beta_{I14z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{15z1} = \beta_{I15z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{18z1} = \beta_{I18z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{22z1} = \beta_{I22z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{23z1} = \beta_{I23z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{24z1} = \beta_{I24z1} * Z_1 + \eta$$

$$I_{25z1} = \beta_{I25z1} * Z_1 + \eta$$

La figura sottostante rappresenta un framework del modello di scelta

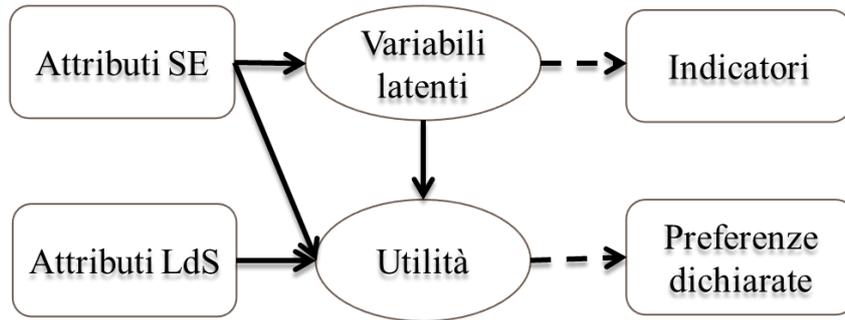


Fig. 79 Framework del modello di scelta

La figura sottostante evidenzia le relazioni che sussistono tra attributi osservabili e le variabili latenti

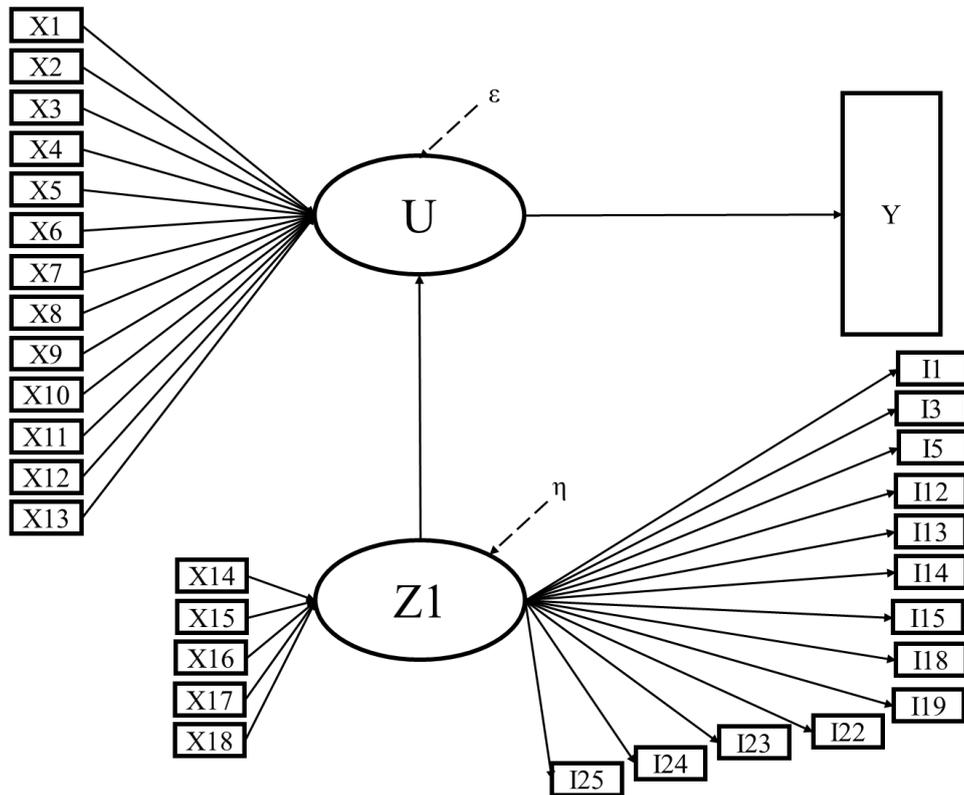


Fig. 80 relazioni tra variabili, attributi e indicatori

Calibrazione del modello

La calibrazione ha permesso di individuare il valore dei parametri nonché la loro significatività sulla base del t-test. Vengono riportati di seguito i risultati della calibrazione riassunti in una tabella nella quale è riportato il valore iniziale e finale della verosimiglianza, il valore della  $\rho^2$ , il valore dei parametri associati agli attributi considerati, nonché il loro grado di significatività.

Gruppo	Nome	Sigla	Valore	
			Installo	Non installo
Bisogno informativo	Z1	X <sub>1</sub>	<b>0.271</b>	
			(+1.91)	
Attributi socio-economici e di spostamento	SEX	X <sub>2</sub>	<b>-0.214</b>	
			(-2.34)	
	AGE	X <sub>3</sub>	<b>0.00563</b>	
			(+1.43)	
			<b>0.219</b>	
FL	X <sub>4</sub>	(+1.62)		
NFY3	X <sub>5</sub>	<b>0.291</b>		
		(+2.85)		
Abitudini (organizzazione viaggio)	APP	X <sub>6</sub>	<b>0.236</b>	
			(+1.94)	
	IAPT	X <sub>7</sub>	<b>0.102</b>	
			(+1.01)	
Importanza info scelta aeroporto	IAT	X <sub>8</sub>	<b>0.108</b>	
			(+1.13)	
Importanza info (tempi)	IIT01	X <sub>9</sub>	<b>0.364</b>	
			(+3.6)	
	IIT03	X <sub>10</sub>	<b>0.282</b>	
			(+2.5)	
	IIT05	X <sub>11</sub>	<b>0.107</b>	
			(+0.94)	
Importanza info (wayfinding)	IIWF02	X <sub>12</sub>	<b>0.132</b>	

			(+1.38)
LdS	COST	X <sub>13</sub>	<b>0.915</b> (+25.66)

- Modello di variabile latente

Nome	Sigla	Valore
AGE31_100	X <sub>14</sub>	<b>0.578</b> (+55.05)
EMP	X <sub>15</sub>	<b>0.111</b> (+6.51)
SUB_DGR	X <sub>16</sub>	<b>0.306</b> (+16.67)
NFY0	X <sub>17</sub>	<b>0.372</b> (+24.18)
OWNCAR	X <sub>18</sub>	<b>0.286</b> (+22.44)

- Modello di misura

Indicatore	Sigla	Parametro	Valore
STAPP	I <sub>1_z1</sub>	$\beta_{I1z1}$	<b>1.43</b> (+25.33)
IAPT	I <sub>3_z1</sub>	$\beta_{I3z1}$	<b>2.46</b> (+27.83)
IAT	I <sub>5_z1</sub>	$\beta_{I5z1}$	<b>1.24</b> (+23.82)
IIT01	I <sub>12_z1</sub>	$\beta_{I12z1}$	<b>0.823</b> (+17.79)
IIWF01	I <sub>13_z1</sub>	$\beta_{I13z1}$	<b>1.24</b> (+23.42)
IIWF02	I <sub>14_z1</sub>	$\beta_{I14z1}$	<b>1.07</b> (+20.97)

IIWF03	I <sub>15_z1</sub>	$\beta_{I15z1}$	<b>0.889</b> (+18.55)
IIT03	I <sub>18_z1</sub>	$\beta_{I18z1}$	<b>1.5</b> (+26.2)
IIT05	I <sub>22_z1</sub>	$\beta_{I22z1}$	<b>1.45</b> (+25.4)
IIC02	I <sub>23_z1</sub>	$\beta_{I23z1}$	<b>5.8</b> (+21.75)
IIWF06	I <sub>24_z1</sub>	$\beta_{I24z1}$	<b>1.38</b> (+24.68)
IIC03	I <sub>25_z1</sub>	$\beta_{I25z1}$	<b>4.84</b> (+23.72)
<b>Numero di osservazioni</b>			4396
<b>Log-likelihood iniziale</b>			-3047.08
<b>Log-likelihood finale</b>			-1526.15
<b><math>\rho^2</math></b>			0.499

#### Analisi dei risultati

Com'è possibile notare gli attributi significativi utilizzati per calibrare il modello di compliance, con l'introduzione della variabile latente, sono gli stessi (fatta eccezione della Z1) della specificazione precedente ed inoltre conservano gli stessi segni. Per semplicità quindi di seguito si riportano le medesime considerazioni fatte in precedenza.

Gli attributi sono stati organizzati in 7 gruppi. Il primo gruppo conta solamente la variabile latente che come prima specificato rappresenta l'intrinseco bisogno informativo dell'utente. Come possiamo notare il parametro ad esso associato presenta segno positivo questo sta a significare che maggiore è l'attitudine del passeggero a sentire il bisogno di un supporto informativo durante il viaggio e maggiore è la propensione ad installare l'app.

Il secondo racchiude gli attributi che fanno riferimento alle caratteristiche socio-economiche dell'utente nonché le sue abitudini di spostamento (frequenza di voli annua e modo di trasporto utilizzato più frequentemente per recarsi in aeroporto).

Nel terzo gruppo rientrano gli attributi associati alle modalità di organizzazione del viaggio e della raccolta di informazioni pre-trip.

Il quarto gruppo contiene solamente un attributo che esprime il grado di importanza che, nella scelta dell'aeroporto da dove partire, l'utente associa all'entità del tempo di accesso.

Nel quinto e nel sesto gruppo invece sono presenti gli attributi che fanno riferimento ai giudizi espressi dai passeggeri in merito all'utilità di informazioni legate ai tempi, alla movimentazione.

L'ultimo gruppo comprende l'attributo costo.

Negli attributi socio-economici è risultato significativo il genere: le donne sono più disposte a pagare per installare l'app.

Inoltre è risultata significativa l'età. Il segno positivo sta a significare che la platea meno giovane è più propensa ad installare l'app. Questo si può spiegare ammettendo che le persone più mature presentano una maggiore disponibilità monetaria rispetto ai giovani e quindi possono permettersi più facilmente di pagare.

L'analisi ha anche mostrato che i liberi professionisti, probabilmente per motivazioni legate ad esigenze di mobilità o di reddito, sono maggiormente disposti a pagare per installare l'app.

Inoltre chi viaggia molto (più di 3 volte all'anno) è più disposto a pagare per installare l'app. Questo risultato si può spiegare ammettendo che questa classe di utenti, viaggiando molto e avendo necessità di velocizzare gli spostamenti e tutte le attività ad essi legate sarebbero disposti anche a pagare per soddisfare i propri bisogni di mobilità.

Dall'indagine è inoltre emerso, come era prevedibile, che chi già utilizza delle app per organizzare il proprio viaggio o per raccogliere informazioni sullo specifico aeroporto è più propenso a pagare per usufruire dei servizi dell'app.

Le risposte degli utenti hanno inoltre evidenziato che non tutte le informazioni ritenute importanti sono significative al fine della scelta di pagare scaricare l'app.

In ogni caso, dall'indagine risulta, come ci si aspettava, maggiore è il grado di importanza assegnata ad un'informazione e più alta risulta la propensione ad installare l'app (i segni dei parametri associati agli attributi legati all'importanza delle info sono positivi).

In merito al parametro legato all'attributo costo si presenta, il linea con le aspettative, con segno positivo. Quindi maggiore è il costo e minore è la propensione a pagare. Riportiamo di seguito un diagramma che mette in luce l'importanza dei diversi attributi. Tale importanza è espressa dal parametro  $\mu$  che è pari al valore dei parametri dei singoli attributi pesato rispetto al parametro dell'attributo costo.

$$\mu_i = \frac{\beta_i}{\beta_{COST}}$$

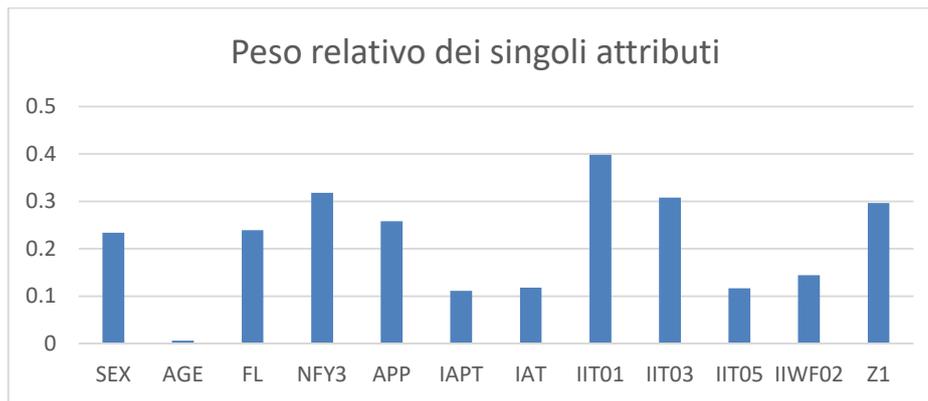


Fig. 81 Peso relativo dei singoli attributi rispetto al costo

Com'è possibile notare tutti gli attributi hanno un peso minore rispetto al costo.

Tutti gli attributi individuati per la definizione della variabile latente mostrano un parametro ad essi associato positivo.

I segni dei parametri associati agli indicatori sono tutti positivi. Questo sta a significare che maggiore è il grado di giudizio assegnato ad un indicatore e maggiore è l'influenza che su di esso ha il contributo della variabile latente.

Il modello così ottenuto è stato validato sugli stessi dati utilizzati per la calibrazione. I risultati della validazione hanno mostrato che quasi nel 87% dei casi, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello.

## 5.9 Conclusioni

L'analisi effettuata ha evidenziato gli attributi che influenzano la scelta del passeggero di installare ed eventualmente a pagare un'app in grado di fornire servizi informativi avanzati, personalizzati e georeferenziati al passeggero. Le informazioni vengono erogate durante tutto lo spostamento, da casa fino al momento dell'imbarco. In ogni fase dello spostamento il sistema propone una serie di tipologie di informazione (sui tempi, di wayfinding, commerciali) e al passeggero è stato chiesto di esprimere un giudizio, sul grado di utilità associato a quel tipo di informazione, su una scala qualitativa.

Al fine di rendere più realistico l'impatto visivo, il messaggio informativo è stato rappresentato ricalcando quello che è il layout delle più comuni app di messaggistica e di navigazione.

L'analisi ha evidenziato che, per entrambe le scelte, gli utenti sono disposti installare e/o pagare in accordo ad alcune caratteristiche socio-economiche, alle preferenze di viaggio, ai bisogni e priorità informative e, ovviamente in base al prezzo (canone) dell'app.

Dalla calibrazione è emerso che alcune caratteristiche come l'età, l'esperienza di viaggio, la professione o la propensione all'uso delle tecnologie sono attributi significativi nel processo di scelta.

L'analisi ha inoltre confermato che maggiore è il prezzo dell'app e minore è la propensione a volerla installare.

Da un punto di vista metodologico è emerso che le due specificazioni adottate, modello logit (MNL) e modello logit a variabili latenti (MNLLV) presentano una simile capacità riproduttiva.

Nel MNLLV la variabile latente considerata, per ambo i modelli, è stata l'intrinseco bisogno informativo avvertito dall'utente. L'individuazione di tale variabile latente è stata possibile poiché nell'indagine erano presenti delle domande (indicatori) che presupponevano il manifestarsi di tale costrutto latente.

In linea di massima i modelli MNLLV presentano, seppur di poco, un valore della  $\rho^2$ , e un indice delle risposte corrette (per cent right) superiore rispetto al modello MNL.

Infine dal confronto a due a due dei modelli MNL e MNLLV per i due insiemi di scelta, non sono emerse incongruenze relative ai segni dei parametri o grandi differenze in termini di valore degli stessi.

## 6 Specificazione del modello di microsimulazione

Nel presente capitolo verrà illustrata la metodologia applicata per la costruzione di un modello di microsimulazione del flusso di passeggeri in partenza da un terminal aeroportuale e viene riportato il caso studio dell'aeroporto di Napoli.

Come si è avuto modo di spiegare nei capitoli precedenti, attualmente la stragrande maggioranza dei modelli di microsimulazione dei passeggeri in un terminal prevede unicamente la rappresentazione della attività vincolanti, tralasciando di incorporare, all'interno del modello, tutta una serie di attività discrezionali che l'utente può intraprendere tra un'attività vincolante ed un'altra. La fruibilità e l'accessibilità di queste attività discrezionali, come l'utilizzo di strutture dell'aeroporto, uso dei servizi igienici, shopping, e altro, influenzano fortemente l'esperienza del passeggero e la capacità di riprodurle consente agli enti interessati al processo di movimentazione di reperire una grande quantità di informazioni in un'ottica di pianificazione degli spazi, delle risorse e delle politiche passenger-oriented.

### 6.1 La metodologia

Al fine di poter riprodurre, nella maniera più fedele possibile, le scelte di mobilità degli utenti all'interno del terminal è necessario tenere in conto due aspetti fondamentali:

- il fine ultimo dei passeggeri in partenza è quello di imbarcare. Il processo di imbarco, a seconda dell'aeroporto e delle caratteristiche del passeggero, prevede una serie di azioni che, fermo restando la volontà di imbarcare, il passeggero è tenuto obbligatoriamente ad intraprendere;
- tra un'attività vincolante ed un'altra il passeggero può intraprendere, in ragione del tempo a disposizione, delle proprie preferenze e del numero di strutture già visitate, delle attività discrezionali.

Fatte queste considerazioni la metodologia simulativa da adottare deve quindi essere capace di:

- Descrivere in maniera rigorosa il susseguirsi delle fasi di movimentazione
- Riprodurre il “libero arbitrio” dei passeggeri tra due fasi vincolanti successive.

A valle di queste considerazioni il modello di microsimulazione adottato è stato quello ottenuto combinando due tecniche simulate: la modellazione ad agenti e la modellazione ad eventi discreti.

Nella simulazione ad eventi discreti il sistema è rappresentato nella sua evoluzione nel tempo, con variabili che cambiano istantaneamente il loro valore in ben definiti istanti. Questi istanti sono quelli nei quali accadono gli eventi.

La modellazione ad eventi discreti è una modellazione «processo centrica», ovvero il sistema è una sequenza di operazioni e le entità sono passive anche se possono avere degli attributi che influenzano il modo con il quale vengono gestite.

Quando parliamo di agenti invece parliamo di entità dotate di autonomia, intelligenza e mobilità.

Ogni agente valuta il suo stato e prende decisioni in base ad un insieme di regole che ne definiscono il comportamento sociale.

La mobilità è un aspetto fondamentale degli agenti che nel loro spostarsi possono accelerare, evitare ostacoli, generare connessioni e più in generale interagire con l'ambiente esterno e con altri agenti.

La modellazione combinata permette di combinare i vantaggi dell'una e dell'altra metodologia di simulazione.

Gli agenti rappresentano le entità circolanti che quindi non sono più agenti passivi ed i loro attributi rappresentano alcune le variabili di stato del sistema che possono variare anche al di fuori dell'evento.

In questo modo è possibile riprodurre sia le attività vincolanti ai fini dell'esecuzione del processo di imbarco sia il libero arbitrio dei passeggeri nel intraprendere attività discrezionali.

## 6.2 Il software

Anylogic è stato utilizzato come piattaforma per simulare il flusso di passeggeri in questa tesi. Anylogic è un simulatore multi-paradigma in grado di modellare i sistemi utilizzando contemporaneamente i tre principali approcci alla simulazione ( Discrete Events, Agent based, Dynamics System). È basato su UML-RT<sup>23</sup> e Java, questo fa sì che i modelli possano anche essere eseguiti su altre piattaforme. Anylogic supporta la modellazione ad agenti e può essere combinata in modo efficiente con altri approcci modellistici.

Il software dispone di numerose librerie, di simulazione incorporate che consentono di semplificare drasticamente la modellazione.

In Anylogic la Pedestrian Library è dedicata alla simulazione del flusso pedonale in un ambiente fisico. Nel software gli agenti pedonali si spostano in uno spazio continuo e interagiscono tra di loro e con l'ambiente. Il movimento dei pedoni è governato da un algoritmo di forze sociali proprio del software, mentre le dinamiche pedonali sono definite da un flow chart.

## 6.3 Le fasi del processo di specificazione

Il processo di specificazione del modello di microsimulazione del flusso di passeggeri in partenza da un terminal aeroportuale passa attraverso una serie di fasi.

Di seguito vengono elencati i principali step realizzativi.

1. Disegno layout del terminal;
2. Identificazione degli agenti;
3. Identificazione delle attività;
4. Definizione dell'architettura logico funzionale;
5. Implementazione logiche comportamentali.

---

<sup>23</sup> La sigla UML-RT sta per Unified Modeling Language-Real time , ovvero linguaggio di modellizzazione unificato basato sul paradigma orientato agli oggetti.

È bene sottolineare che le suddette fasi non si alternano in modo strettamente cronologico, anzi il più delle volte vanno sviluppate parallelamente al fine di individuare chiaramente i rapporti che le legano e che le influenzano reciprocamente.

### 6.3.1 **Disegno layout del terminal**

Il primo passo è quello di definire la planimetria rilevante del sito, che è funzione sia del tipo di fenomeno che si vuole simulare, sia delle entità coinvolte nel processo simulativo. Per planimetria rilevante si intende la rappresentazione grafica dello spazio fisico entro il quale si verifica il processo di movimentazione.

Il passo successivo è quello di realizzare lo spazio di movimentazione andando a definire le pareti e gli ostacoli fisici, come pilastri o setti divisorii che condizionano il flusso pedonale. In questa fase può essere utile/necessario definire anche dei vincoli virtuali, ovvero delle pareti virtuali, impermeabili al flusso di passeggeri, posizionate in alcune sezioni dell'aeroporto. Tali vincoli, uniti a dei percorsi virtuali possono rappresentare dei validi strumenti per “forzare” il flusso di passeggeri in particolari direzioni, bypassando eventuali problematiche che potrebbero derivare da “malfunzionamenti” del algoritmo di movimentazione dei pedoni.

In seguito bisogna individuare quelle che sono le sezioni di ingresso, di uscita e le sezioni di controllo. Sono sezioni di ingresso o uscita anche le scale e ascensori che determinano l'ingresso o l'uscita da un piano.

Per sezioni di controllo vengono anche indicate quelle sezioni in corrispondenza delle quali può risultare interessante monitorare il traffico pedonale, sia in termini di flusso che in termini di entità totali circolanti.

Possono essere sezioni di controllo, ad esempio, tanto le sezioni di ingresso, tanto la sezione a valle dei controlli di sicurezza.

La fase di disegno della configurazione del terminal si conclude con l'individuazione delle aree di interesse, ovvero quelle aree interessate dal passaggio degli utenti. Queste sono le aree di sosta, di accumulo, aree destinate ai servizi e allo shopping.

### 6.3.2 **Identificazione degli agenti**

Nell'ambito della modellazione ad agenti risulta fondamentale individuare gli agenti principali all'interno del modello, che in questo caso coincidono con le entità circolanti, ovvero i pedoni. Volendo individuare un parallelismo tra modellazione ad agenti e approccio di programmazione object-oriented utilizzato dal software Anylogic, gli agenti vengono rappresentati come classi mentre le entità circolanti sono degli oggetti della classe.

Gli oggetti sono identificati dall'avere:

- uno "stato", ovvero l'insieme delle variabili interne che ne definiscono le caratteristiche in un certo istante dell'esecuzione;
- un "comportamento", ovvero le modalità di azione o di reazione di un oggetto, in termini di come il suo stato cambia e come i messaggi passano.

Per oggetto viene dunque indicata un'istanza particolare di una certa classe che, a sua volta, rappresenta il prototipo di un oggetto e in cui sono evidenziati l'insieme delle variabili di stato (attributi) che ne rappresentano lo stato stesso.

Le variabili della classe "Passeggeri" possono essere così raggruppate:

1. Variabili socio-economiche (genere, età, frequenza di voli)
2. Variabili temporali. Queste variabili registrano l'orario di ingresso o di uscita da alcuni blocchi del flow chart (es: l'orario di ingresso nel terminal, l'orario di fine dei controlli di sicurezza etc.) Tali variabili sono fondamentali, ad esempio, quando si vogliono definire delle logiche di scelta che tengano conto della pressione del tempo;
3. Variabili «segna-posto». Queste variabili registrano il passaggio degli utenti in determinate aree modello. Queste variabili, unite alle variabili contatore sono particolarmente utili per definire delle logiche di scelta in merito alle attività non vincolate (es. un utente non ritorna in un negozio che ha già visitato, la probabilità di visitare un negozio è inversamente proporzionale al numero di negozi visitati)
4. Variabili di riferimento. Sono variabili che associano ogni istanza di una classe alle variabili di un'altra classe. Tali variabili sono indispensabili, ad esempio, per associare un passeggero ad un volo.

Un'altra classe da specificare all'interno del modello è quella dei voli. Essa contiene tutti i voli in partenza dall'aeroporto nel periodo di riferimento della simulazione.

### 6.3.3 Identificazione delle attività

Le attività del passeggero sono state classificate in attività vincolanti e non vincolanti. Per attività vincolanti si intendono quelle attività necessarie ai fini dell'imbarco come la procedura di registrazione, i controlli di sicurezza, i controlli extra-Schengen, imbarco. Le attività non vincolanti fanno riferimento all'uso di alcune strutture del aeroporto come infopoint, biglietteria, servizi igienici, esercizi commerciali, etc.

Partendo dalle attività vincolanti si costruisce il mainstream del passeggero in partenza ovvero un diagramma a macroblocchi che rappresenta l'iter del passeggero del momento dell'ingresso nel terminal fino all'imbarco. Ogni macroblocco rappresenta una specifica fase dello spostamento e può prevedere al proprio interno attività vincolanti e non vincolanti rappresentate come blocchi.

Le attività quindi vengono rappresentate come periodi di permanenza di un dato agente in un determinato blocco. Il tempo di permanenza nel blocco può dipendere da un'attesa libera o un'attesa vincolata.

L'attesa libera è il tempo che l'utente decide di trascorrere in un blocco indipendentemente dalla presenza o meno di altri utenti.

Tale tempo può dipendere dal verificarsi o meno di alcune condizioni, da vincoli temporali e caratteristiche dell'entità circolante nel blocco.

L'attesa vincolata rappresenta il tempo necessario per processare un agente in un dato blocco ed è quindi funzione del numero di passeggeri da processare e dal tempo di servizio.

In genere si fa l'ipotesi di considerare il tempo necessario per intraprendere attività vincolanti come un'attesa vincolata mentre per le attività discrezionali si considera un'attesa libera.

Esplodendo ogni macroblocco si ottiene flow chart del modello, ovvero l'architettura logico-funzionale del processo di imbarco

#### 6.3.4 Definizione dell'architettura logico funzionale

Nel flow chart sono rappresentate:

- Le modalità di generazione delle entità;
- Tutte le attività accessibili ai passeggeri con le relative caratteristiche spaziali e temporali;
- Le relazioni che insistono tra queste attività (sequenzialità dipendenza, ciclicità, regole di priorità);
- I blocchi di diversione nel quale vengono modellati tanto i vincoli del processo quanto le scelte dei passeggeri;
- Le modalità di interazione tra gli agenti.

Il flow chart è definito da una serie di blocchi che rappresentano le attività e da connettori che rappresentano le relazioni che insistono tra tali attività.

Ogni blocco presenta diversi gradi di libertà. Un grado di libertà può essere pensato come uno spazio bianco da riempire con una porzione di codice per far sì che un dato blocco rappresenti in maniera più fedelmente possibile una data attività

I blocchi ricorrenti per la modellazione di un flusso pedonale sono:

1. Blocco sorgente (pedSource);
2. Blocco attesa (pedWait);
3. Blocco di servizio (pedService);
4. Blocco di diversione (pedOutput)
5. Blocco di cambio piano (pedChangeGround);
6. Blocco di arrivo (pedGoTo);
7. Blocco di terminazione (pedSink).

##### 6.3.4.1 Blocco sorgente

Da questo blocco vengono generate le entità e inserite all'interno del flow chart. In esso vanno definite:

- la classe alla quale appartengono le istanze generate;

- la sezione grafica di generazione;
- le modalità di associazione ad altri agenti e i criteri di inizializzazione dei parametri delle istanze generate;
- la legge di generazione delle entità.

#### 6.3.4.2 Blocco di attesa

I blocchi di attesa rappresentano le attività di attesa libera degli agenti. In essi deve essere specificato:

- l'area grafica di attesa;
- il tempo di permanenza che può essere tanto un valore fisso, un valore frutto di una distribuzione di probabilità, un valore determinato dal verificarsi di alcune condizioni;
- le modalità di fine permanenza dell'entità nel blocco: alla fine di un fissato tempo o quando viene richiamata una carta funzione (è questo ad esempio il caso delle aree di sosta in corrispondenza dei gate che si svuotano quando una certa funzione di imbarco viene richiamata);
- eventuali azioni in ingresso e in uscita. Comunemente tali azioni sono relative al cambio di un valore di una variabile caratteristica dell'entità circolante.

#### 6.3.4.3 Blocco di servizio

I blocchi di servizio sono presenti in tutte quelle sezioni dove all'utente viene fornito un servizio, cui corrisponde un'attività vincolata. Ad esempio sono blocchi di servizio il blocco "check-in" o il blocco "controlli di sicurezza". Il tempo di permanenza degli agenti in questo blocco è dunque un tempo vincolato. Nel blocco di servizio va definita:

- la sezione fisica di servizio;

- la politica di scelta della coda (ad esempio per il check-in la coda è determinata dal numero del desk assegnato allo specifico volo mentre ai controlli di sicurezza tipicamente l'utente sceglie la stazione con meno coda);
- il tempo di servizio (che segue le stesse considerazioni fatte relativamente ai tempi di permanenza nei blocchi di attesa);
- eventuali azioni o variazioni del valore delle variabili in ingresso o in uscita dal blocco.

#### 6.3.4.4 Blocco di diversione

Nel blocco di scelta (o di diversione) avviene la diversione del flusso pedonale. In tale blocco vanno definite le aliquote di splittaggio del flusso di passeggeri in ingresso nel blocco. Tali aliquote possono essere fisse o essere il frutto di un modello di diversione.

Oltre alle probabilità di diversione, in questo blocco possono essere inserite delle porzioni di codice in ingresso o in uscita dal blocco.

#### 6.3.4.5 Blocco di cambio piano

Nei blocchi di cambio piano vanno inserite le sezioni di uscita da un piano e di ingresso in un altro. All'interno del software i piani sono rappresentati come differenti layer di movimentazione.

#### 6.3.4.6 Blocco di arrivo

I blocchi di arrivo forzano i pedoni a passare attraverso una posizione specificata. La posizione può essere un punto, una sezione o un percorso(path).

La definizione di un percorso può essere utile per forzare gli utenti a percorrere un tragitto anziché un altro, la qual cosa è indispensabile in corrispondenza di topografie

molto articolate, oppure quando l'analista vuol far transitare le entità per un determinato percorso indipendentemente dalla presenza di altri percorsi paralleli e dal grado di congestionamento. Tale strumento è altresì utile quando sono presenti delle corsie fisiche di movimentazione.

#### 6.3.4.7 Blocco di terminazione

Il blocco di terminazione sancisce la definitiva fuoriuscita dell'entità dal flow chart.

#### 6.3.5 **Implementazione logiche comportamentali**

Per logica comportamentale qui ci si riferisce ad una legge in base al quale un utente decide di intraprendere un'attività piuttosto che un'altra (fermo restando l'obbligatorietà di espletamento delle attività vincolanti). Come prima sottolineato, intraprendere un'attività consiste in una variazione di alcune variabili di stato dell'agente. Tale variazione può dipendere da una molteplicità di fattori. All'interno di un terminal aeroportuale tali fattori possono essere:

- il tempo a disposizione;
- le preferenze dell'utente;
- la posizione geografica;
- le attività già espletate.

Una legge comportamentale è dunque una legge che lega questi o altri fattori alla probabilità di intraprendere un'attività discrezionale, di scegliere di visitare una data struttura o di permanere in un dato stato per un certo tempo.

## 6.4 **La validazione del modello**

La convalida delle ipotesi modellistiche consiste nel verificare il livello di congruenza dei risultati del modello con le evidenze sperimentali. Questo può avvenire solo dopo aver individuato uno o più indicatori da mettere a confronto. In genere questi sono indicatori di performance come il livello di occupazione in

determinate aree, i tempi di attesa o più comunemente l'andamento delle code in alcune sezioni di controllo. I dati possono essere raccolti manualmente, con l'ausilio di immagini o più frequentemente con dei contatori automatici che registrano il passaggio degli utenti in corrispondenza di particolari sezioni del terminal reale.

## 6.5 Caso Studio – Aeroporto di Napoli

L'aeroporto internazionale di Napoli - Capodichino è l'aeroporto più grande dell'Italia meridionale, il secondo aeroporto del Mezzogiorno d'Italia (dopo quello di Catania-Fontanarossa) e ottavo scalo italiano per numero di passeggeri complessivi. Si trova a circa 4 km dalla stazione centrale di Napoli, nei quartieri di San Carlo all'Arena e Secondigliano in una zona denominata Capodichino.



*Fig. 82 Curb dell'aeroporto di Napoli*

L'aeroporto è collegato con tutti i principali scali nazionali ed europei. Ad oggi offre 14 destinazioni nazionali e 77 internazionali. Lo scalo è base di 34 compagnie aeree di linea, quali Alitalia, Meridiana Fly ed easyJet, ma anche se diverse compagnie tra le quali, Air France, Lufthansa, Iberia, Blue Air, Air Berlin non hanno una base operativa offrono comunque un considerevole numero di destinazioni. Nel dicembre

2016 anche la nota compagnia low cost Ryanair ha annunciato la sua presenza nello scalo napoletano con 19 nuove destinazioni dal 2017. I dati del 2016 mostrano che il 51,9% dei passeggeri in transito da Napoli utilizza compagnie low cost mentre il restante 48,1% si orienta verso compagnie aeree tradizionali.

Inoltre dal giorno 11 gennaio 2017 nello scalo aeroportuale di Napoli è stato inaugurato il primo capsule hotel in Italia.

Il 13 giugno 2017 all'aeroporto è stato conferito il premio "Aci Europe Award" come migliore in Europa nella categoria 5-10 mln di passeggeri.

Dal 2000 al 2016 lo scalo ha registrato un incremento del flusso di traffico di passeggeri del 64% superando di gran lunga i 7 milioni di passeggeri nel 2017.

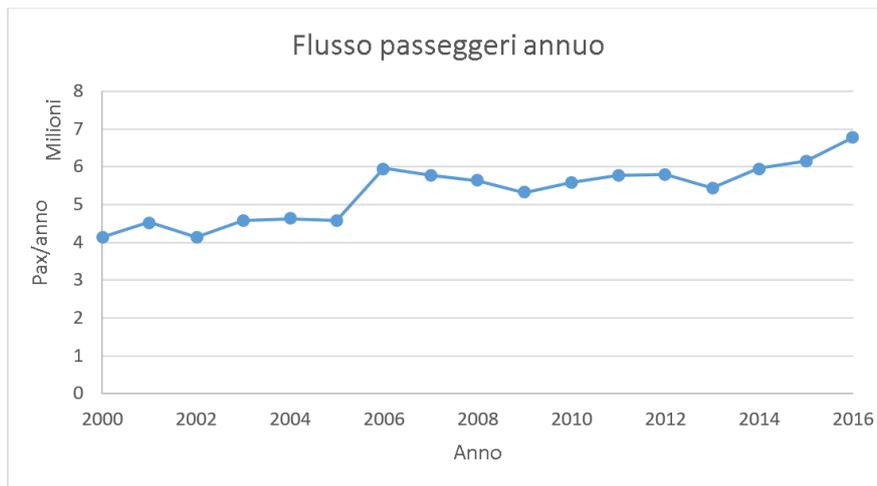


Fig. 83 Andamento dei flussi di traffico annuali nell'aeroporto di Napoli

Ogni giorno da Napoli partono in media 120 voli, le rotte nazionali più trafficate sono quelle da e per gli aeroporti di Milano, Roma Fiumicino, Torino, Venezia e gli aeroporti siciliani di Palermo e Catania. Il traffico nazionale copre il 42,2% del traffico totale dello scalo partenopeo.

Rank	Città	Passeggeri	Compagnia/e aerea/e
1	 <a href="#">Milano Linate</a>	526.905	Alitalia, Meridiana
2	 <a href="#">Milano Malpensa</a>	349.972	EasyJet
3	 <a href="#">Roma Fiumicino</a>	326.541	Alitalia
4	 <a href="#">Venezia</a>	305.440	EasyJet
5	 <a href="#">Torino</a>	240.429	Alitalia, Blue Air
6	 <a href="#">Catania</a>	181.504	Alitalia, Volotea, Easyjet
7	 <a href="#">Palermo</a>	153.812	Alitalia, Volotea

Tab. 10 Rotte nazionali più trafficate con più di 50.000 passeggeri annui A/R (2016)

Per quanto riguarda le destinazioni europee, le più richieste sono Londra, Parigi, Monaco, Barcellona e Amsterdam

Rank	Città	Passeggeri	Compagnia/e aerea/e
1	 <a href="#">Londra Gatwick</a>	446.036	British Airways, EasyJet, Meridiana, Thomas Cook Airlines, TUI
2	 <a href="#">Monaco</a>	337.746	Lufthansa, Eurowings
3	 <a href="#">Parigi Orly</a>	278.181	EasyJet, Transavia
4	 <a href="#">Parigi Ch. De Gaulle</a>	242.578	Air France, Vueling
5	 <a href="#">Barcellona</a>	217.338	EasyJet, Ryanair, Vueling
6	 <a href="#">Amsterdam Schiphol</a>	211.760	EasyJet, Transavia
7	 <a href="#">Londra Stansted</a>	165.911	EasyJet, Ryanair

Tab. 11 Rotte europee più trafficate con più di 50.000 passeggeri annui (2016)

Rank	Città	Passeggeri	Compagnia/e aerea/e
1	 <a href="#">Istanbul</a>	106.786	Turkish Airlines
2	 <a href="#">Basilea</a>	86.966	EasyJet
3	 <a href="#">Ginevra</a>	83.397	EasyJet
4	 <a href="#">New York JFK</a>	60.782	Meridiana
5	 <a href="#">Zurigo</a>	52.228	Swiss, Easyjet

Tab. 12 Rotte extra-europee più trafficate con più di 50.000 passeggeri annui (2016)

### 6.5.1 Layout del terminal

L'aeroporto di Napoli è composto da un solo terminal che si articola su 2 livelli. Di questi, il pian terreno e il primo piano sono interessati dalla movimentazione del flusso di passeggeri in partenza e in arrivo.

A servizio della struttura ci sono 8 parcheggi con oltre 2000 posti auto e moto: 4 deputati alla sosta breve, 1 dedicato alla sosta dei motocicli, 1 dedicato alla sosta dei bus e 2 dedicati alla sosta lunga.

L'aeroporto offre inoltre 47 stalli gratuiti riservati ai passeggeri a ridotta mobilità all'interno del parcheggio P2.

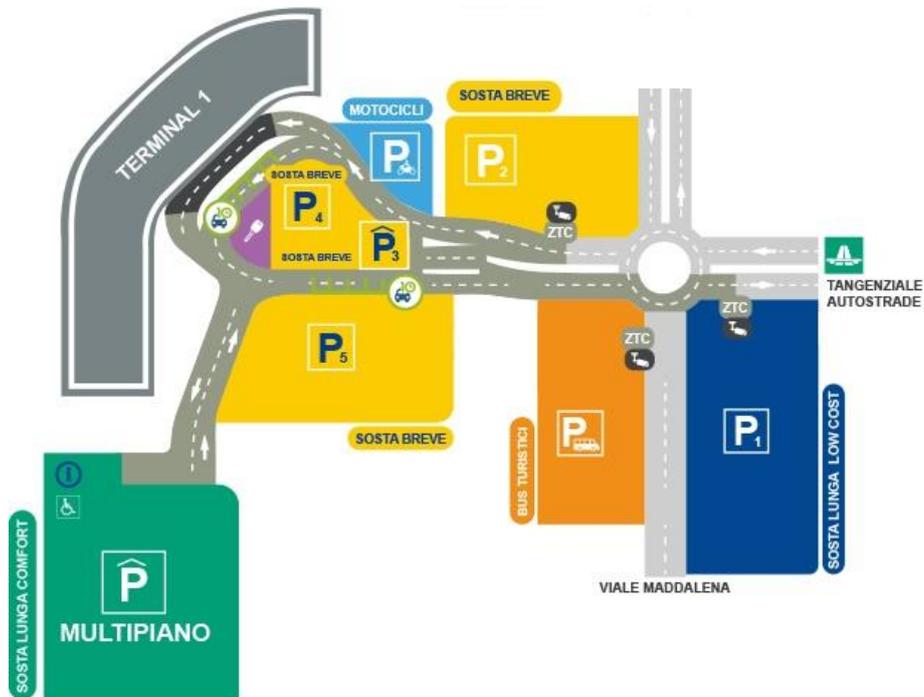


Fig. 84 Mappa parcheggi

Il terminal è dotato di 18 gate deputati all'arrivo e alle partenze dei passeggeri. 15 gate sono posti al piano terra mentre i restanti 3 sono posti al primo piano

Alla struttura si accede dal pian terreno attraverso 6 possibili accessi. Tuttavia la maggior parte del flusso in entrata passa attraverso l'entrata principale del terminal (costituita da una grande ingresso centrale e due laterali)

L'area check-in è situata al piano terra del terminal ed ospita 55 banchi dedicati alle compagnie aeree presenti in aeroporto.

Alcuni di questi banchi sono dedicati ad uso esclusivo di alcune compagnie aeree.

<b>Banchi</b>	<b>Compagnia</b>
8,9	Ryanair
22,23,24,25,26,27,28,29	EasyJet
30,31,32,33	Alitalia

*Tab. 13 Desk check-in common di Rayanair, EasyJet e Alitalia*

Le operazioni di controllo vengono espletate al primo piano a cui si accede, prevalentemente, attraverso una doppia rampa di scale (fisse e mobili) ed un ascensore posti nel atrio principale.

Dopo la lettura ottica della carta d'imbarco presso i tornelli, il passeggero viene indirizzato ai controlli di sicurezza costituiti da 5 stazioni di controllo ordinario e 3 stazioni fast track.

Alla zona gate, situata al piano terra, vi si accede con rampe di scale e ascensori dislocati in diverse aree del terminal.

La zona dei gate è suddivisa in imbarchi intra-Schengen ed extra-Schengen.

L'assegnazione dei gate alle diverse aree, così come l'apertura e la chiusura dei varchi che collegano le gate room, è variabile in funzione dello scheduling dei voli.

I collegamenti tra i piani sono assicurati da 14 rampe di scale delle quali 5 sono scale mobili e 6 ascensori.

Si riporta di seguito la planimetria del piano terra e del primo piano.

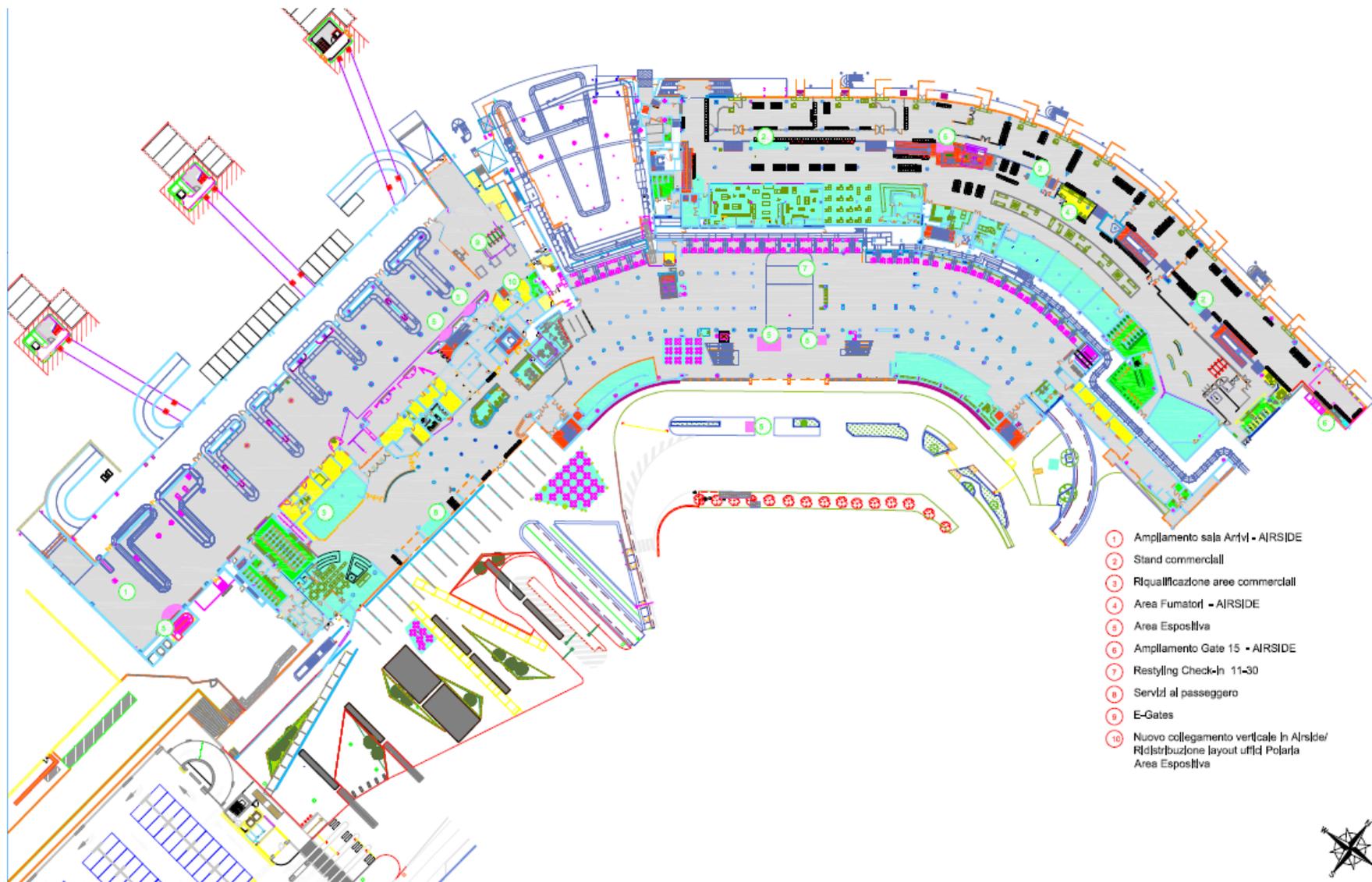


Fig. 85 Planimetria piano terra

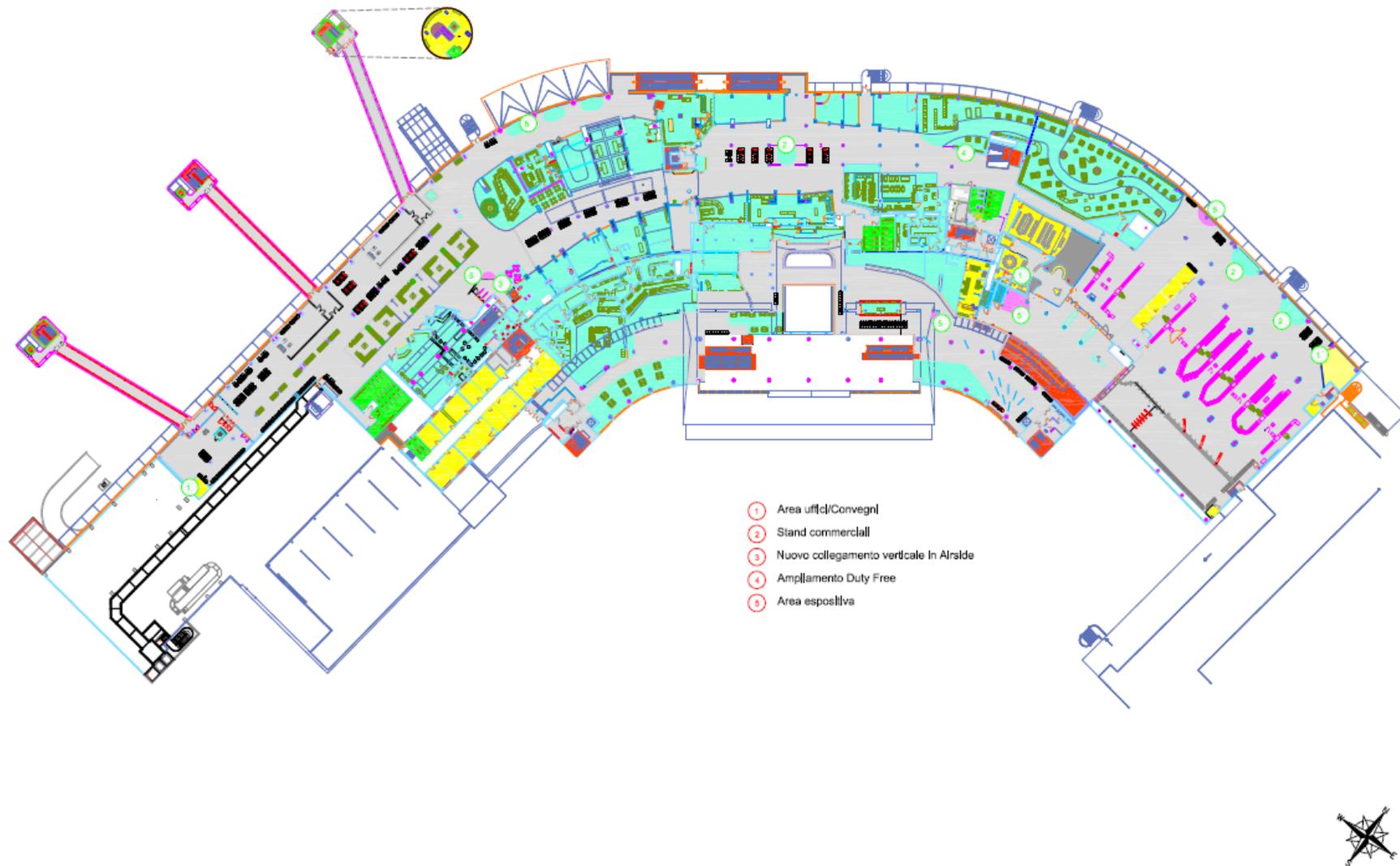


Fig. 86 Planimetria primo piano



Nell'aeroporto è possibile usufruire di diversi servizi collocati in diversi punti del terminal. Nelle tabelle sottostanti si riporta una lista dei servizi, ordinati secondo la loro ubicazione all'interno del terminal, con orario di apertura e chiusura.

- *Piano terra pre-controlli*

Nome	Tipo	Numero	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
Banca intesa	Banca	1	Piano terra. Esterno, lato partenze	08:30	16:15
Cappella	Spazio di culto	1	Piano terra. Esterno, lato partenze	09:00	18:00
Cassa parcheggi	Cassa parcheggi	1	Piano terra, area partenze	00:00	00:00
Alisud	Biglietteria	1	Piano terra, area partenze	05:00	20:30
Bagno	Bagno	2	Piano terra, area partenze	00:00	00:00
Comando di polizia	Comando di polizia	1	Piano terra. Esterno, lato partenze	00:00	00:00
Sala amica Landside	Sala amica (Servizi per PMR)	1	Piano terra. Esterno, lato partenze	00:00	00:00
Safe bag	Servizio di protezione dei bagagli	2	Piano terra	00:00	00:00
Bancomat	Bancomat	3	Piano terra	00:00	00:00
Agenzia Dusila	Agenzia viaggi	1	Pano terra, area arrivi	09:00	19:00
Pronto soccorso	Servizio sanitario	1	Pano terra, area arrivi	00:00	24:00
Customer Service	Customer Service	1	Pano terra, area arrivi	04:30	23:30
Lost & Found	Lost & Found	1	Pano terra, area arrivi	00:00	00:00
Travelex	Agenzia di cambio	1	Pano terra, area arrivi	08:00	23:30
Ufficio turistico EPT	Ufficio turistico EPT	1	Pano terra, area arrivi	08:00	20:00

- Piano terra post-controlli

Nome	Tipo	Numero	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
Sala amica Airside	Sala amica (Servizi per PMR)	1	Piano terra	00:00	00:00
Bagno	Bagno	3	Piano terra	00:00	00:00

- Primo piano pre-controlli

Nome	Tipo	Numero	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
Ufficio oggetti smarriti	Recupero oggetti smarriti	1	Primo piano	09:30	16:30
Deposito custodia bagagli	Servizio custodia bagagli	1	Primo piano	05:00	22:00

- Primo piano post-controlli

Nome	Tipo	Numero	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
Bagno	Bagno	3	Primo piano	00:00	24:00
Travelex	Agenzia di cambio	1	Primo piano	08:00	23:30
VIP lounge Caruso	Lounge	1	Primo piano	05:00	21:00
VIP lounge Alitalia	Lounge	1	Primo piano	05:00	21:30

Il terminal dell'aeroporto di Napoli inoltre conta 53 esercizi commerciali dei quali 14 dedicati al food and beverage.

Di seguito si riporta la lista con l'elenco degli esercizi commerciali.

#### 6.5.1.1 Food and beverage

- Piano terra pre-controlli

Nome	Tipo	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
------	------	------------	-----------------	-----------------

Tradizione Italiana cocktail bar	Bar	Esterno Area Arrivi	04:30	21:30
Fratelli la Bufala	Ristorante	Esterno area arrivi	10:00	22:00
Mc Donald's	Ristorante	Esterno Area Partenze	07:30	20:30

- *Piano terra post-controlli*

Nome	Tipo	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
Briciole	Bar	Sala imbarchi piano terra	05:30	22:00
Dubl (Food and Bubbles)	Bar	Sala Imbarchi piano terra	07:00	21:30

- *Primo piano pre-controlli*

Nome	Tipo	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
MO Cafè	Bar	Galleria commerciale primo piano	05:00	21:30
Pizzicheria	Rosticceria	Galleria commerciale primo piano	10:30	21:30

- *Primo piano post-controlli*

Nome	Tipo	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
I'amme	Bar	Area imbarchi primo piano	04:30	21:30
Giappo - Sushi Bar	Ristorante	Sala Imbarchi primo piano	09:30	21:30
Feudi di San Gregorio	Ristorante	Area imbarchi primo piano	05:00	21:30

### 6.5.1.2 Negozi

- *Piano terra pre-controlli*

Nome	Tipo	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
CRAI Minimarket	Minimarket	Piano terra area arrivi	08:30	00:00

Tagliati per il successo	Parrucchieria	Esterno Area Partenze	08:00	21:00
SunStore	Tabacchino	Piano terra area partenze	07:00	22:00

- *Piano terra post-controlli*

Nome	Tipo	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
De Nigris	Negozio gastronomia	Piano terra	07:30	21:30
Jaket	Negozio abbigliamento	Area partenze piano terra	07:00	21:30
Toys Company	Negozio giocattoli	Sala imbarchi piano terra	09:00	20:00
Worlddutyfree	Negozio generico	Sala imbarchi piano terra	05:30	Fino all'ultimo volo
Carthusia	Profumeria	Sala Imbarchi piano terra	07:00	21:30
Yamamay	Negozio abbigliamento	Sala Imbarchi piano terra	07:00	21:30
Museum Shop	Media Store	Sala Imbarchi piano terra	07:00	21:30
Fattorie Garofalo	Negozio gastronomia	Sala imbarchi piano terra	07:00	21:30
Carpisa	Negozio di borse e accessori	Sala Imbarchi piano terra	07:00	21:30
Capri Naif	Negozio gastronomia	Sala Imbarchi piano terra	07:00	21:30

- *Primo piano pre-controlli*

Nome	Tipo	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
Victoria secret	Negozio abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00
Sole e Vista	Negozio ottica	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00
Silvia heach	Negozio abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00
Gioielli e Bijoux	Negozio oggettistica	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00
Inscintille	Negozio abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00
Carthusia	Profumeria	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00

Camomilla	Negozi abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00
Napolimania	Negozi oggettistica	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00

- Primo piano post-controlli

Nome	Tipo	Ubicazione	Orario apertura	Orario chiusura
K'way	Negozi abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:30	21:30
Kimbo store	Negozi gastronomia	Galleria commerciale primo piano	07:30	21:30
Pinko	Negozi abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:30	21:30
Di marlino - Pasta Store	Negozi gastronomia	Galleria commerciale primo piano	07:00	21:30
FEDON	Negozi borse e accessori	Galleria commerciale primo piano	07:00	21:30
Sartoria Condotti	Negozi abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	21:30
Venchi	Negozi gastronomia	Galleria commerciale primo piano	07:00	21:30
Gutteridge	Negozi abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	21:30
Andreano	Negozi abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	21:30
Vincenzo Bellavia	Negozi gastronomia	Galleria commerciale primo piano	07:00	21:30
Roberta Biagi	Negozi abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	21:30
Feltrinelli	Media Store	Galleria commerciale primo piano	07:00	21:30
Aeronautica militare	Negozi abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	21:30
Worlddutyfree	Negozi generico	Galleria commerciale primo piano	05:30	Fino all'ultimo volo
Harmont&Blaine	Negozi abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00
H&B Junior	Negozi abbigliamento	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00
O'bag	Negozi borse e accessori	Galleria commerciale primo piano	07:00	22:00

## 6.5.2 Gli agenti

### 6.5.2.1 I passeggeri

I passeggeri rappresentano le entità circolanti all'interno del modello. Essi sono caratterizzati da una molteplicità di attributi che ne determinano il comportamento. In primis vengono definite le probabilità di aver bisogno dei servizi accessori offerti dall'aeroporto e il tempo necessario per espletare tali attività. I valori di tali parametri sono stati individuati sia dopo attente consultazioni e analisi avvenute con tecnici e pianificatori dell'ente gestore dell'aeroporto, sia dallo studio della letteratura esistente.

<b>Probabilità di usufruire di:</b>	
Vip Lounge	1%
Toilette	15%
Casse per cambio valuta	5%
Casse per prelievo automatico	10%
Casse per ticket parcheggio	1%
Agenzia di viaggio	10%
Biglietteria	10%
Pronto soccorso	1%
Infopoint	10%
Assistenza per disabili	0.1%
Punti di ristoro	68%
Duty free	64%
Comparto retail	41%

*Tab. 14 Probabilità di usufruire delle strutture dell'aeroporto*

<b>Tempo di permanenza in</b>	<b>sec[]</b>
Vip Lounge	Fino al momento dell'imbarco
Toilette	Uniform(160-230)
Casse per cambio valuta	Uniform (140-1900)
Casse per prelievo automatico	Uniform (60-70)
Casse per ticket parcheggio	Uniform (60-70)
Agenzia di viaggio	Uniform (60-70)

Biglietteria	Uniform (60-70)
Pronto soccorso	Uniform (300-600)
Infopoint	Uniform (5-60)
Assistenza per disabili	Uniform (300-600)
Shop landside	Uniform (300-450)
Shop airside	Uniform (600-750)
Take away	Uniform (30-120)
Cafè landside	Uniform (1650-1750)
Cafè airside	Uniform (1300-1400)

*Tab. 15 Tempi di permanenza*

Nel modello si è ipotizzato che la scelta di intraprendere un'attività non vincolante dipendesse in larga misura dal tempo a disposizione prima dell'imbarco e che i tempi di permanenza nelle strutture commerciali nell'airside fossero comunque condizionati dall'orario di inizio imbarco.

In merito ai bagagli è stato stimato che il 90% dei passeggeri porta con se almeno un bagaglio a mano mentre almeno il 60% degli utenti ha almeno un bagaglio da stiva.

#### 6.5.2.2 I voli

I parametri che caratterizzano la classe "voli" sono:

- Identificativo del volo
- Compagnia aerea
- Destinazione
- Tipo di volo
- Numero posti a sedere
- Percentuale di carico dell'aeromobile
- Numero del banco\banchi check-in
- Aliquota di utenti che ha effettuato il check-in on-line
- Orario di apertura del banco\banchi check-in
- Orario di chiusura del banco\banchi check-in

- Orario di comunicazione del numero gate
- Orario di imbarco
- Orario di partenza
- Numero del gate

Scelto un giorno di riferimento l'insieme di queste informazioni viene detto scheduling dei voli per quel giorno. Queste informazioni vengono inserite nel software in fase di inizializzazione dove avviene anche l'associazione degli elementi della classe "passeggeri" con le istanze della classe "voli"

### 6.5.3 Il modello

Il modello di microsimulazione del flusso di passeggeri in partenza dall'aeroporto di Napoli è stato sviluppato a partire da uno schema semplificato a 8 macroblocchi. Ogni macroblocco rappresenta una specifica fase dello spostamento e può prevedere al proprio interno attività vincolanti e non vincolanti.

Di seguito vengono elencati i macroblocchi

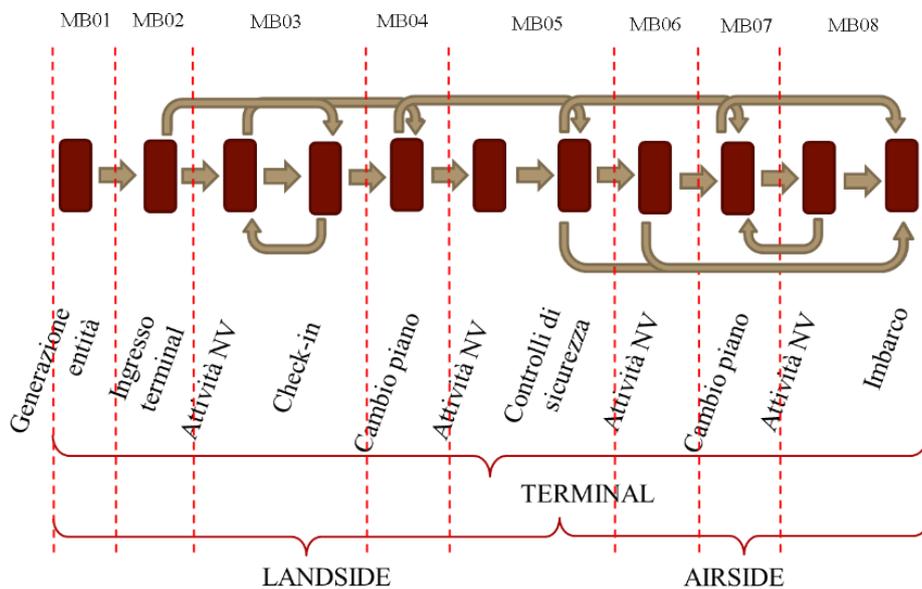


Fig. 87 Schema a macroblocchi

- Macroblocco 1 – Generazione entità
- Macroblocco 2 – Ingresso nel terminal
- Macroblocco 3 - Attività non vincolanti 1 + Check-in
- Macroblocco 4 - Cambio piano 1
- Macroblocco 5 - Attività non vincolanti 2 + controlli di sicurezza
- Macroblocco 6 - Attività non vincolanti 3
- Macroblocco 7 - Cambio piano 2
- Macroblocco 8 - Attività non vincolanti 4 + Imbarco

#### 6.5.3.1 Macroblocco 1 – Generazione delle entità

Nel primo macroblocco vengono definite le modalità di generazione delle entità. In letteratura sono disponibili delle curve di carico<sup>24</sup> per simulare il processo di arrivo dei passeggeri al terminal. Le curve proposte dallo IATA (IATA, 2004) modellano il tasso di arrivo dei passeggeri ai banchi check-in. Dato che il check-in è la prima attività vincolante dei passeggeri è ragionevole presumere che la stessa legge degli arrivi caratterizzi il processo di arrivo al terminal. Le curve IATA si differenziano per tipologia di volo (nazionale-internazionale) e per fascia oraria di partenza del volo (00:00-06:00, 06:00-10:00, 10:00-18:00, 18:00-24:00).

Tali curve, valide per gli utenti che devono recarsi ai banchi check-in per la registrazione, non tengono però conto del fatto che attualmente la quota di passeggeri che hanno necessità di recarsi ai banchi per espletare le attività di registrazione, risulta drasticamente calata rispetto al passato, a causa della sempre più diffusa prassi del check-in online, incentivato da sempre più compagnie, soprattutto low-cost. Si è ritenuto opportuno dunque, a valle dell'identificazione dell'aliquota di passeggeri che si reca ai banchi e di coloro che effettuano il check-in online, affiancare alla curva proposta dalla IATA (opportunamente modificata per rispondere meglio alle specifiche dell'aeroporto di Napoli) un'ulteriore legge degli arrivi valida per quei

---

<sup>24</sup> *Una curva di carico è una relazione che lega la percentuale cumulata di passeggeri che si reca in aeroporto con il tempo che manca alla partenza.*

passaggeri che bypassano i banchi di registrazione per recarsi direttamente ai varchi di sicurezza.

Tale legge degli arrivi è stata calibrata specificatamente per l'aeroporto partenopeo analizzando i flussi attraverso i tornelli a monte dei varchi di sicurezza ed è quindi specifica per ogni volo.

Di seguito si riporta il confronto tra la legge degli arrivi (ai banchi check-in) proposta dallo IATA e la legge di generazione dei passeggeri (che devono effettuare il check-in al banco) calibrata per l'aeroporto di Napoli. Le curve si differenziano per fasce orarie e per tipologia di volo: nazionale (N) e internazionale (I).

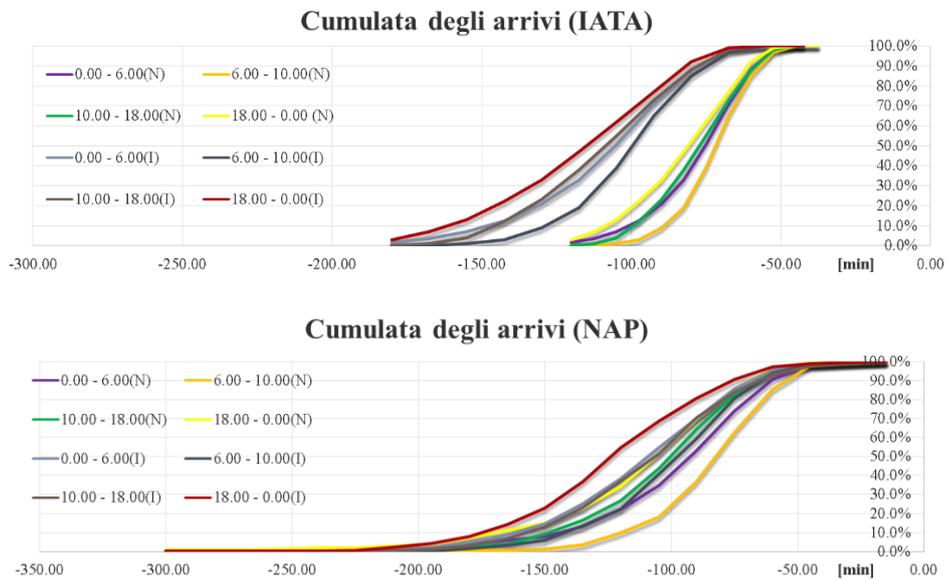


Fig. 88 Confronto curve di generazione

### 6.5.3.2 Macroblocco 2 – Ingresso nel terminal

In questo macroblocco viene simulato l'ingresso dei passeggeri nel terminal.

Come possibili ingressi, sono stati presi in considerazione solamente i tre ingressi centrali ipotizzando che l'80% degli utenti transiti attraverso l'ingresso principale e i rimanenti attraverso i due laterali.

Una volta all'interno i passeggeri intraprendono una prima attività di orientamento (es: lettura del banco check-in negli appositi screen) che avviene in apposite aree in accordo all'ingresso utilizzato. In questa fase dello spostamento i passeggeri possono dirigersi ai banchi check-in (se essi risultano aperti), espletare alcune attività non vincolanti oppure se hanno già effettuato il check-in possono dirigersi immediatamente ai varchi di sicurezza.

### 6.5.3.3 Macroblocco 3 - Attività non vincolanti 1 + Check-in

Una volta terminata l'attività di orientamento gli utenti si riversano nel macroblocco 3 dove vengono simulate tutte le possibili attività che l'utente può intraprendere al piano terra prima di effettuare il check-in (check-in compreso).

In questa fase di spostamento è stato inoltre ipotizzato che il passeggero che ha già effettuato il check-in possa comunque decidere di trattenersi al piano terra per svolgere ulteriori attività. Questa scelta modellistica è stata dettata al fatto che un utente, anche se ha abbastanza tempo per espletare il check-in, possa comunque, per ragioni di ansia e nervosismo legate alla procedura di registrazione, decidere di effettuare prima il check-in e poi espletare altre attività al piano terra.

Le scelte relative all'espletamento della procedura di registrazione, al negozio da visitare e alla quantità di strutture da visitare sono regolate dai modelli di diversione descritti in seguito.

In merito al check-in, il modello è stato costruito in maniera tale che gli utenti comincino a mettersi in coda solo dopo l'apertura del banco per il proprio volo. In molti casi, per uno stesso volo sono previste aperture differenziate di più banchi check-in. In questo caso il modello reagisce ridistribuendo gli utenti in fila su tutti i banchi aperti (per lo specifico volo) e viene fatta la (ragionevole) ipotesi che i passeggeri scelgano di mettersi in coda in corrispondenza del banco dove è presente la fila più corta.

Come già accennato in precedenza all'interno dello scalo napoletano vi sono alcune compagnie aeree come ALITALIA, Easyjet, Ryanair che hanno a disposizione dei

desk a loro unicamente dedicati. In corrispondenza di questi desk i passeggeri possono effettuare la registrazione per ogni volo della compagnia programmato per quel giorno. In questo caso si è fatta l'ipotesi che i passeggeri che devono imbarcarsi con una delle compagnie suddette, si mettano in coda, ad uno di questi desk, non prima di 2 ore prima della partenza del proprio volo.

Il tempo di servizio al desk è stato posto pari a 60 secondi

Nel modello è stata anche creata una machera di comando dalla quale è possibile agire in fase di running modificando il numero del desk assegnato per uno specifico volo.

#### 6.5.3.4 Macroblocco 4 - Cambio piano 1

In questo macroblocco viene simulato il processo di cambio piano: dal piano terra al primo piano.

In questa fase di spostamento, è stata fatta l'ipotesi che il cambio di piano avvenga in maniera univoca, nel senso che una volta che il passeggero arriva al primo piano non riscende. È stato inoltre ipotizzato che l'intero flusso di passeggeri cambi piano utilizzando solamente le scale e l'ascensore posti nell'atrio centrale.

#### 6.5.3.5 Macroblocco 5 - Attività non vincolanti 2 + controlli di sicurezza

Una volta avvenuto il cambio di piano gli utenti si riversano nel macroblocco 5 dove vengono simulate tutte le possibili attività che l'utente può intraprendere al primo piano prima di espletare i controlli di sicurezza (security check compreso). In corrispondenza dei varchi, il flusso viene ulteriormente differenziato sulla base del diritto o meno dei passeggeri di poter accedere alle linee fast-track.

Le scelte relative all'espletamento delle procedure di sicurezza, al negozio da visitare e alla quantità di strutture da visitare sono regolate dai modelli di diversione descritti nel paragrafo 6.6.

Il tempo necessario per superare i controlli di sicurezza è composto da tre aliquote:

- tempo in coda
- tempo di servizio (posto pari a 8 secondi)
- tempo per rivestirsi (posto pari a 40 secondi)

#### 6.5.3.6 Macroblocco 6 - Attività non vincolanti 3

In questo macroblocco vengono simulate le attività non vincolanti del passeggero al primo piano post-controlli. Le scelte relative al negozio da visitare e alla quantità di strutture da visitare sono regolate dai modelli di diversione descritti nel paragrafo 6.6.

#### 6.5.3.7 Macroblocco 7 - Cambio piano 2

In questo macroblocco viene simulato il processo di cambio piano: dal primo piano al piano terra. Per i passeggeri che devono imbarcare dai gate 1-15, viene fatta l'ipotesi di cambio piano univoco, nel senso che una volta che il passeggero arriva al piano terra non risale. Fanno eccezione coloro che devono partire dai gate 16, 17,18 (al primo piano). Per questa classe di passeggeri è stata fatta l'ipotesi che essi possano eventualmente scendere al piano terra per usufruire dei servizi dell'aeroporto e poi risalire per imbarcarsi.

#### 6.5.3.8 Macroblocco 8 - Attività non vincolanti 4 + Imbarco

Una volta avvenuto il cambio di piano gli utenti si riversano nel macroblocco 8 dove vengono simulate tutte le possibili attività che l'utente può intraprendere al piano terra prima di procedere all'imbarco (imbarco compreso).

Le scelte relative all'espletamento delle procedure di imbarco, al negozio da visitare e alla quantità di strutture da visitare sono regolate dai modelli di diversione descritti nel paragrafo 6.6.

In quest'ultima fase si è fatta l'ipotesi che i passeggeri valutino per prima la possibilità di espletare attività discrezionali. In caso di esito positivo questi cominciano ad effettuare le proprie attività che però, per ipotesi modellistica, vengono arrestate 5 minuti prima dell'inizio del processo di imbarco, così da permettere agli utenti di raggiungere il proprio gate. Nel caso l'utente scelga di non voler espletare attività discrezionali o dopo averle compiute, si reca nelle aree di attesa in corrispondenza del proprio gate di imbarco e ivi rimane fino al momento dell'imbarco.

Nel modello è stata anche creata una machera di comando dalla quale è possibile agire in fase di running modificando il numero del gate assegnato per uno specifico volo (ovviamente tale modifica ha effetto solo se applicata prima dell'inizio delle operazioni di imbarco)

cambia il gate del volo numero	<input type="text"/>	cambia il desk del volo numero	<input type="text"/>
dal gate numero		dal banco numero	
al gate numero	<input type="text"/>	al banco numero	<input type="text"/>
<b>CAMBIA GATE</b>		<b>CAMBIA DESK</b>	

Fig. 89 Interfaccia per cambio desk o gate in fase di running

## 6.6 Logiche comportamentali

### 6.6.1 Modello di scelta check-in

Di seguito viene riportata la descrizione del modello a tempo utilizzato per simulare la scelta del passeggero di effettuare o meno il check-in in funzione del tempo che manca alla chiusura del desk.

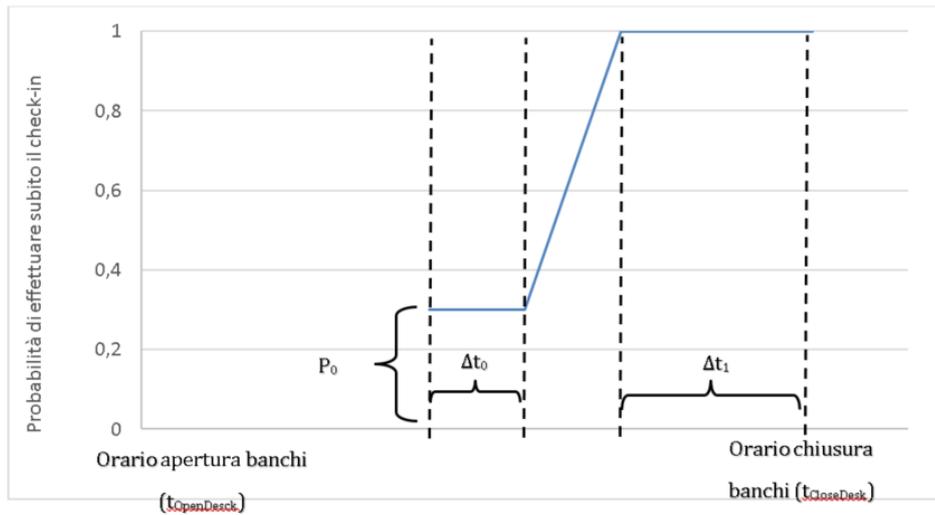


Fig. 90 Modello di pressione temporale check-in

Si ipotizza che la probabilità di effettuare il check-in sia positivamente correlata al tempo che manca alla chiusura del desk. Questo significa che l'utente che ha a disposizione meno tempo per effettuare il check-in sia più propenso a mettersi in coda al desk, mentre l'utente che ha a disposizione molto tempo prima della chiusura dei banchi potrebbe mostrare una maggiore propensione a svolgere altre attività prima di mettersi in coda.

Il modello si fonda, inoltre, sull'ipotesi che nessun utente si rechi all'aeroporto più tardi della chiusura del banco check-in assegnato al proprio volo

Da un punto di vista matematico il modello è lineare a tratti e la probabilità di mettersi in coda al check-in vale:

- IF  $t < t_{OpenDesk}$   $P = 0$
- IF  $t_{OpenDesk} \leq t < t_{OpenDesk} - \Delta t_0$   $P = P_0$
- IF  $t_{OpenDesk} - \Delta t_0 \leq t < t_{CloseDesk} - \Delta t_1$   $P = f(t)$
- IF  $t_{CloseDesk} - \Delta t_1 \leq t < t_{CloseDesk}$   $P = 1$
- IF  $t > t_{CloseDesk}$   $P = 0$

Con

- $t_{OpenDesk}$  = orario di apertura del desk

- $t_{closeDesk} = \text{orario di chiusura del desk}$
- $\Delta t_0 > 0$
- $\Delta t_1 > 0$
- $t_{openDesk} - \Delta t_0 < t_{closeDesk} - \Delta t_1$
- $f(t) = \frac{t - (t_{openDesk} - \Delta t_0)}{(t_{closeDesk} - \Delta t_1) - (t_{openDesk} - \Delta t_0)} (1 - P_0) + P_0$

I parametri per definire questo modello sono dunque:

- $P_0$  (probabilità di effettuare il check-in appena i banchi aprono);
- $\Delta t_0$  (tempo in cui la probabilità si mantiene costante e pari a  $P_0$ );
- $\Delta t_1$  (tempo in cui la probabilità si mantiene costante e pari a 1).

### 6.6.2 Modello di scelta controlli di sicurezza

Di seguito viene riportata la descrizione del modello a tempo utilizzato per simulare la scelta del passeggero di effettuare o meno i controlli di sicurezza in funzione del tempo che manca alla partenza.

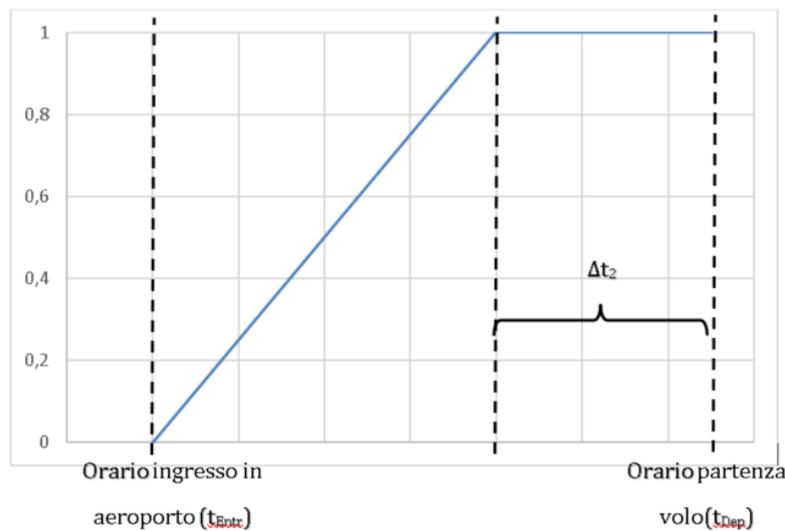


Fig. 91 Modello di pressione temporale controlli di sicurezza

Si ipotizza che la probabilità di espletare le operazioni di controllo sia positivamente correlata al tempo che manca alla partenza. Questo significa che l'utente che ha a disposizione meno tempo per effettuare i controlli sia più propenso a mettersi in coda alle stazioni di sicurezza, mentre l'utente che ha a disposizione molto tempo prima della partenza potrebbe mostrare una maggiore propensione a svolgere altre attività prima di mettersi in coda.

Il modello si fonda, inoltre, sull'ipotesi che nessun utente si rechi alle stazioni di sicurezza dopo la partenza del proprio volo.

Da un punto di vista matematico il modello è lineare a tratti e la probabilità di dirigersi ai varchi di sicurezza vale:

- |  |  |
|--|--|
| • IF $t < t_{Ent}$                           | $P = 0$  |
| • IF $t_{Ent} \leq t < t_{Dep} - \Delta t_2$ | $P = \frac{t - t_{Entr}}{t_{Dep} - \Delta t_2 - t_{Entr}}$ |
| • IF $t_{Dep} - \Delta t_2 \leq t < t_{Dep}$ | $P = 1$  |
| • IF $t > t_{Dep}$                           | $P = 0$  |

Con

- $t_{Ent}$  = orario di ingresso del passeggero nel terminal
- $t_{Dep}$  = orario di partenza del volo
- $\Delta t_2 > 0$
- $t_{Ent} < t_{Dep} - \Delta t_2$

I parametri da definire sono:

- $\Delta t_2$  (tempo in cui a probabilità si mantiene costante e pari a 1).

### 6.6.3 Modello di scelta Gate

Di seguito viene riportata la descrizione del modello a tempo utilizzato per simulare la scelta del passeggero di recarsi subito o meno al gate del tempo che manca alla partenza

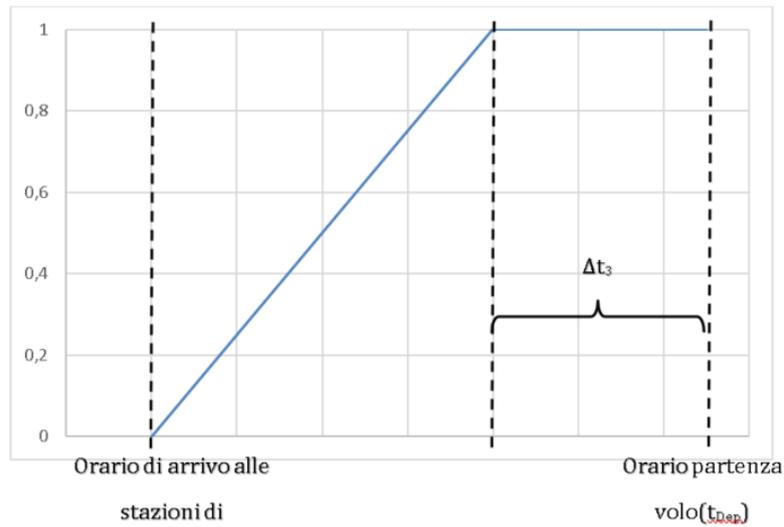


Fig. 92 Modello di pressione temporale gate

Si ipotizza che la probabilità di recarsi subito al gate sia negativamente correlata al tempo che manca alla partenza.

Il modello si fonda, inoltre, sull'ipotesi che nessun utente si rechi alle stazioni di sicurezza dopo la partenza del proprio volo.

Da un punto di vista matematico il modello è lineare a tratti e la probabilità vale:

- IF  $t < t_{CS}$   $P = 0$
- IF  $t_{CS} \leq t < t_{Dep} - \Delta t_3$   $P = \frac{t - t_{CS}}{(t_{CS} - \Delta t_3) - t_{CS}}$
- IF  $t_{Dep} - \Delta t_3 \leq t < t_{Dep}$   $P = 1$
- IF  $t > t_{Dep}$   $P = 0$

Con:

- $t_{CS}$  = orario di uscita dai controlli di sicurezza
- $t_{Dep}$  = orario di partenza del volo
- $\Delta t_3 > 0$

- $t_{CS} < t_{Dep} - \Delta t_3$

I parametri da definire sono:

- $\Delta t_3$  (tempo in cui a probabilità si mantiene costante e pari a 1).

#### 6.6.4 Modello ad esaurimento

Di seguito viene riportata la descrizione del modello ad esaurimento utilizzato per simulare il processo di shopping. In base a questo modello la probabilità di non visitare il prossimo negozio è correlata positivamente al numero di negozi già visitati (maggiore è il numero di negozi che il passeggero ha già visitato e maggiore sarà la possibilità che esso non ne visiti un altro). Tale modello inoltre prevede l'equiprobabilità nella scelta e l'esclusione dall'insieme di scelta del negozio già visitato.

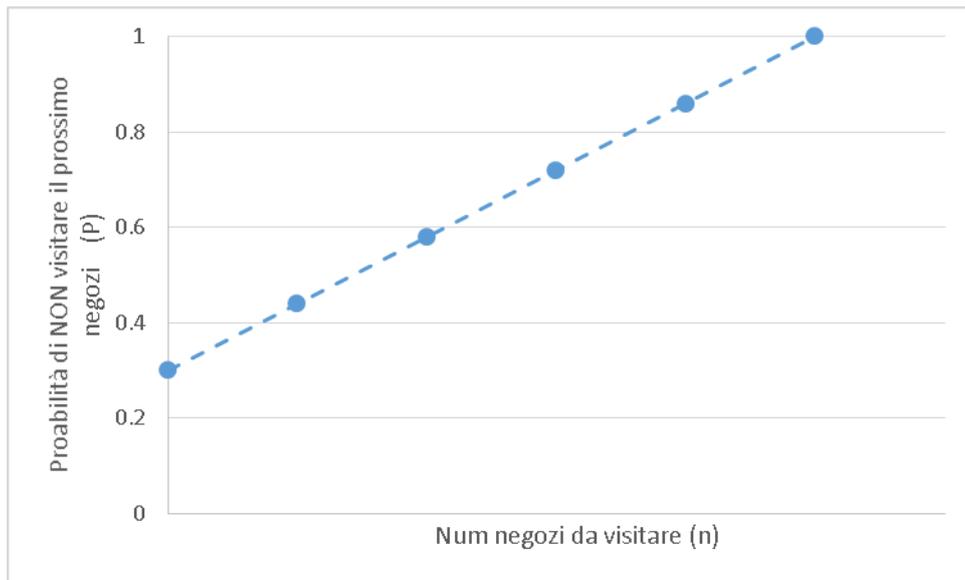


Fig. 93 Modello a esaurimento

- IF  $n < num\ negozi - 1$

$$P = \frac{(1-P_{min})}{num\ negozi - 1} * n + P_{min}$$

- $IF \quad n \geq \text{num negozi} - 1 \quad P = 1$

Con:

- $P_{min} \leq 1$
- $n \leq \text{num negozi} - 1$   
I parametri da definire sono:
- $P_{min}$ (intercetta del modello)

NB: la funzione di scelta è una funzione discreta data la natura discreta dell'argomento.

### 6.6.5 Modello di prossimità

Di seguito viene riportata la descrizione del modello di prossimità utilizzato per simulare il processo di scelta della struttura di visitare sulla base della distanza che intercorre tra l'utente e la struttura.

In base ad esso la probabilità di visitare un dato esercizio commerciale è pari a:

$$P_{ij} = \frac{e^{-\beta_{ij}d_{ijt}}}{\sum_{i=1}^{I-Z} e^{-\beta_{ij}d_{ijt}}}$$

Con:

- $i = \text{struttura da visitare}$
- $j = \text{passeggero}$
- $I = \text{insieme delle strutture visitabili}$
- $Z = \text{insieme delle strutture visitate}$
- $P_{ij} = \text{probabilità che il passeggero } j \text{ visiti la struttura } i$
- $d_{ijt} =$   
*distanza della struttura } i \text{ dalla posizione del passeggero } j \text{ nell'istante } t*
- $\beta =$   
*parametro del modello (esprime il disinteresse del passeggero } j \text{ verso la } i - \text{esima struttura)}*

Quindi in base al modello minore è la distanza che separa il passeggero dalla struttura da visitare e maggiore sarà la possibilità che la struttura venga visitata

In questo modello viene fatta l'ipotesi che dato un esercizio commerciale questo può essere visitato una volta sola da uno stesso passeggero. Questo significa che ogni volta che viene visitato un esercizio commerciale esso scompare dall'insieme di scelta e per ogni decisione del passeggero vanno ricalcolate le probabilità di scelta alla luce della nuova posizione del passeggero stesso e del diverso insieme di scelta.

## **6.7 Validazione del modello**

Il modello è stato validato confrontando i risultati della modellazione con le evidenze sperimentali raccolte nel giorno 22 Settembre 2017. La convalida del modello è stata effettuata confrontando i flussi registrati in sito con quelli calcolati dal modello. Le sezioni di controllo prese in considerazione sono state quelle a cavallo tra l'airside e il landside, ovvero la sezione dei pre-filtri e la sezione dei controlli di sicurezza, poste entrambe al primo piano.

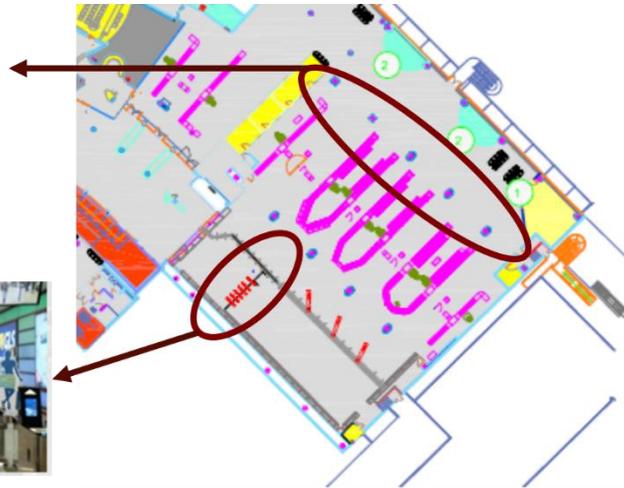
I dati dei passaggi sono stati estratti dalle banche dati dell'ente che gestisce l'aeroporto di Napoli.

Le sezioni sono state scelte per due ordini di motivi. In primis sono sezioni in corrispondenza delle quali è disponibile un database dei passaggi affidabili, (cosa che invece, non è vera in corrispondenza dei banchi check-in dove i dati relativi agli arrivi sono a disposizione delle compagnie aeree che non sono tenute a trasmetterle all'ente gestore) e poi, in secondo luogo, la zona delle stazioni di controllo è una zona particolarmente critica dove risulta particolarmente utile avere delle stime relative ai flussi in arrivo.

**Controlli di sicurezza**



**Pre-filtri**



*Fig. 94 Ubicazione delle sezioni di controllo*

Viene riportato di seguito l'andamento del flusso reale di passeggeri e di quello calcolato dal modello. Quest'ultimo valore è pari alla media (su 50 lanci del modello) dei flussi simulati. Nel grafico sottostante il flusso di passeggeri è aggregato a 15 minuti

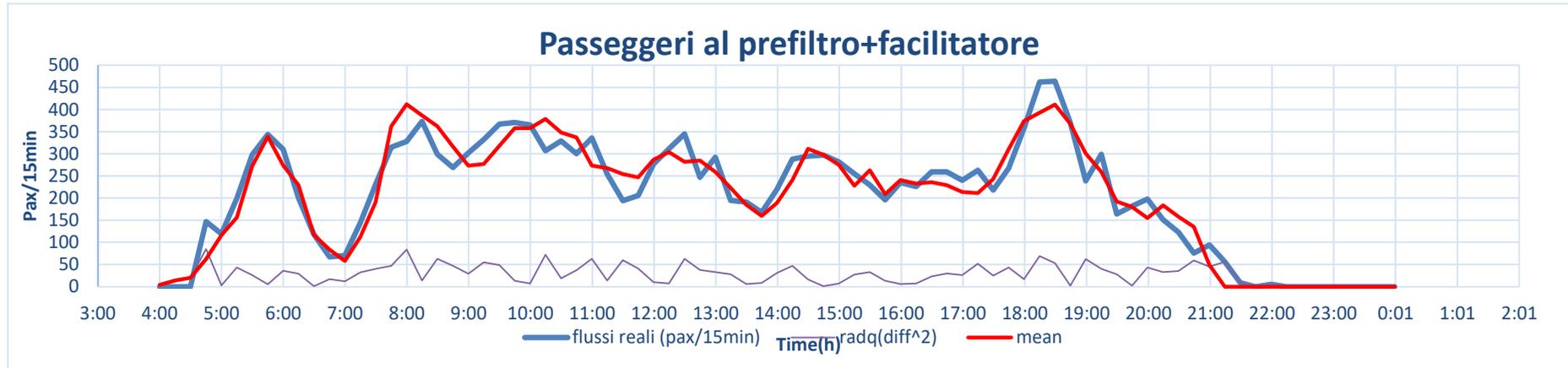


Fig. 95 Andamento dei flussi [pax/15 min] ai pre-filtri

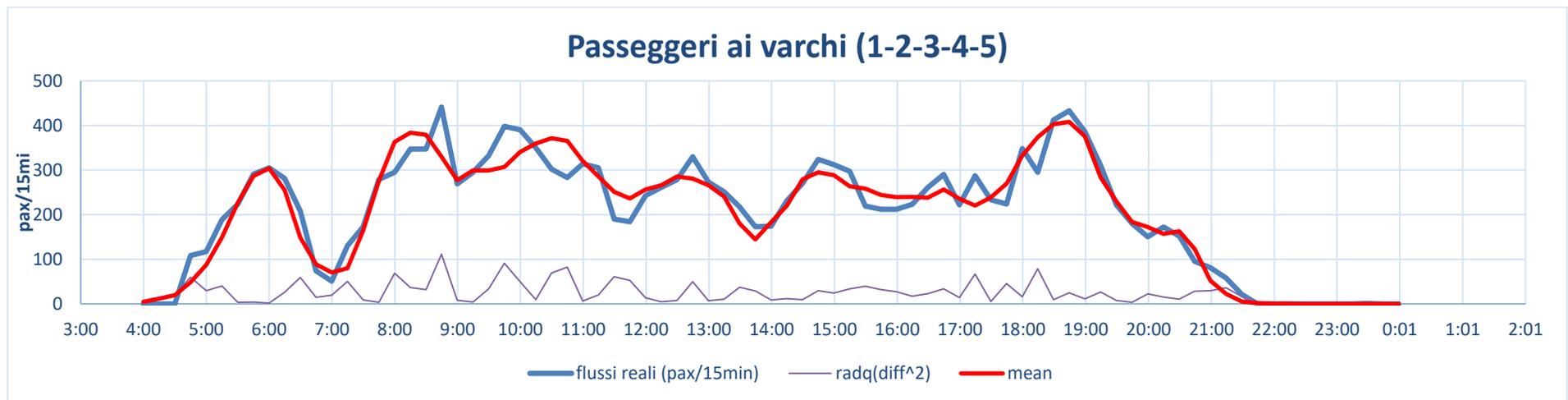


Fig. 96 Andamento dei flussi [pax/15 min] ai varchi di sicurezza



Come si può notare dai grafici l'andamento delle due curve è molto simile. È stato inoltre riportato l'andamento degli errori calcolati come il quadrato della differenza tra i flussi registrati e quelli calcolati. Come si può notare gli errori massimi si registrano, per entrambe le sezioni nella fascia oraria che va dalle 8 alle 11 del mattino. Non a caso questa è la fascia oraria dove si registra il picco di afflussi alla struttura e quindi un maggiore grado di congestione.

Definiamo ora scostamento massimo e medio le seguenti quantità:

$$S_{max} = \frac{\max(|f_{r_i} - \bar{f}_{s_i}|)}{15 \text{ min}} \qquad S_{med} = \frac{\sum_i (|f_{r_i} - \bar{f}_{s_i}|) / i}{15 \text{ min}}$$

Con:

- $i$  = numero degli intervalli di aggregazione
- $f_{r_i}$  = flusso registrato nell'intervallo di aggregazione  $i$
- $\bar{f}_{s_i}$  = flusso medio simulato nell'intervallo di aggregazione  $i$

Lo scostamento massimo può essere inteso come una sorta di errore massimo che si può registrare ogni minuto nel confondere i flussi registrati con i flussi simulati mentre lo scostamento medio rappresenta l'errore medio

Lo scostamento massimo per la sezione ai pre-filtri è di  $5,67 \frac{pax}{min*min}$  mentre ai controlli di sicurezza è di  $7,42 \frac{pax}{min*min}$ .

Lo scostamento medio per la sezione ai pre-filtri è di  $0,50 \frac{pax}{min*min}$  mentre ai controlli di sicurezza è di  $0,45 \frac{pax}{min*min}$ .

Riducendo il livello di dettaglio e quindi aggregando i dati di flusso ogni ora si ottiene un maggior grado di sovrapposizione tra i flussi simulati e quelli registrati.

Come nel caso precedente di seguito si riporta il confronto degli andamenti.

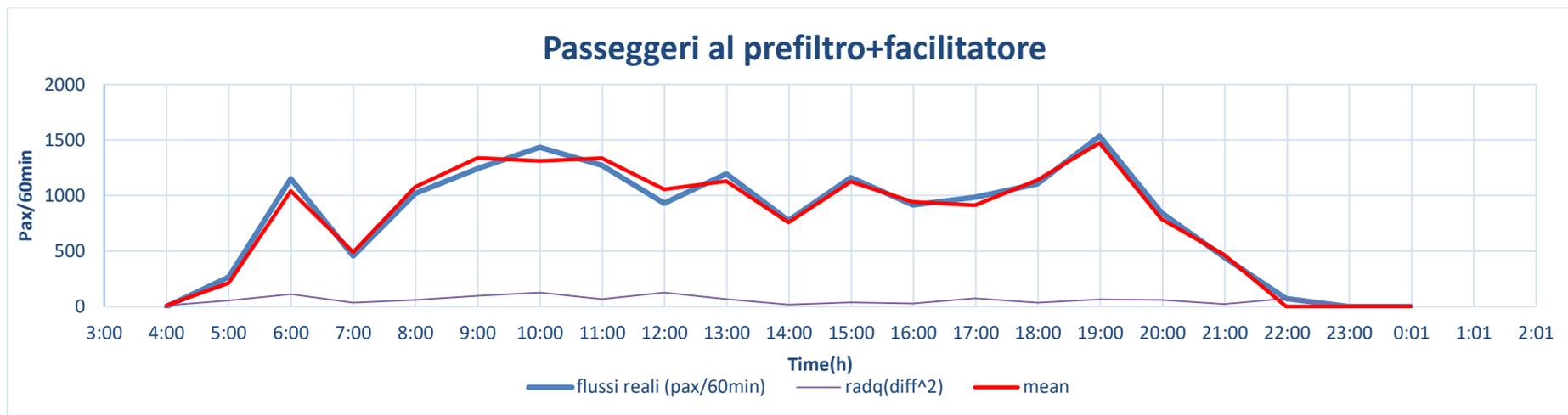


Fig. 97 Andamento dei flussi [pax/60 min] ai pre-filtri

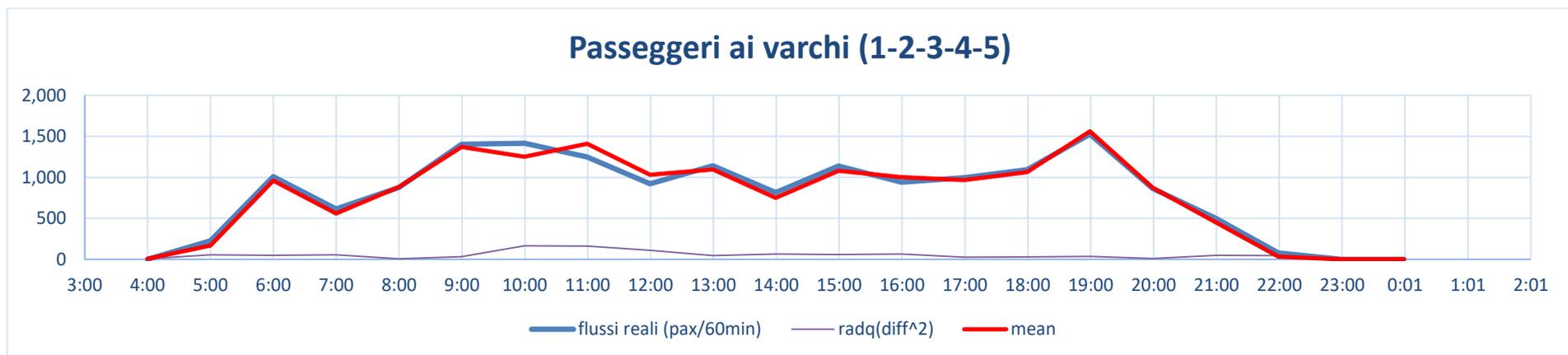


Fig. 98 Andamento dei flussi [pax/60 min] ai varchi di sicurezza

Gli scostamenti massimo e medio sono pari a :

$$S_{max} = \frac{\max(|f_{r_i} - \bar{f}_{s_i}|)}{60 \text{ min}} \qquad S_{med} = \frac{\sum_i (|f_{r_i} - \bar{f}_{s_i}|) / i}{60 \text{ min}}$$

Lo scostamento massimo per la sezione ai pre-filtri è di  $2,08 \frac{pax}{min*min}$  mentre ai controlli di sicurezza è di  $2,73 \frac{pax}{min*min}$ .

Lo scostamento medio per la sezione ai pre-filtri è di  $0,94 \frac{pax}{min*min}$  mentre ai controlli di sicurezza è di  $0,89 \frac{pax}{min*min}$ .

Come si può notare a fronte di un minimo aumento dello scostamento medio, lo scostamento massimo cala drasticamente a dei valori considerati più che soddisfacenti rispetto agli standard operativi e le esigenze dell'ente gestore dell'aeroporto.

## 6.8 Analisi della compliance

Col fine di valutare in che misura la compliance degli utenti incide sui tempi di processamento, è stato realizzato un modello di microsimulazione semplificato del processo di check-in (il tutto è, comunque, facilmente estendibile al processo di controllo di sicurezza). In questo modello viene fatta l'ipotesi di "spostare" (a determinate condizioni) una parte del flusso entrante di passeggeri in un area di buffer (che vuole simulare espletamento delle attività discrezionali degli utenti) per poi processare immediatamente questi ultimi per simulare i tempi di coda nulli congruenti alle previsioni del sistema informativo. Il modello è composto dai seguenti elementi:

- un blocco sorgente che simula l'arrivo dei passeggeri nel terminal secondo la legge degli arrivi IATA;

- un blocco di diversione per simulare la scelta del passeggero di seguire o meno, con un certo livello di compliance, le indicazioni del sistema;
- un blocco di servizio che simula il desk per il check-in;
- un blocco di attesa per simulare le attività discrezionali;
- un blocco di servizio che rappresenta un desk check-in virtuale dove ogni utente sperimenta un tempo di attesa non superiore al proprio tempo di servizio (no coda);
- un blocco di terminazione.

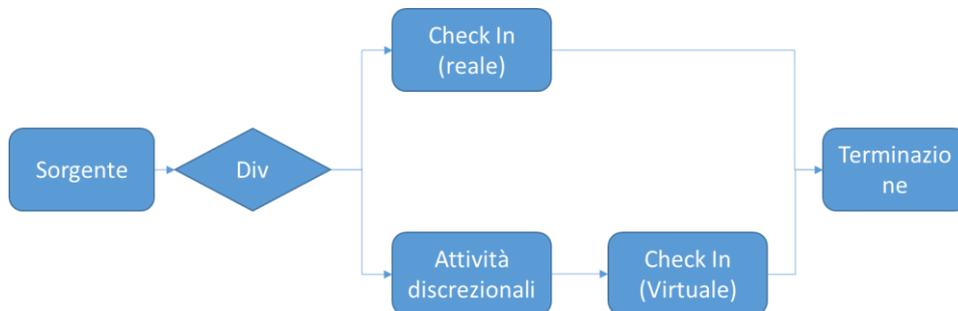


Fig. 99 Flow chart del modello

Il messaggio informativo erogato si presenta con i seguenti attributi:

- $t_{q_i}$
- $t_{info_i} = t_{info_{base}} + t_{info_t}$
- $t_w$

Con

- $t_{q_i}$  = tempo in coda visto dall'utente  $i$ ;
- $t_{info_{base}}$  = tempo base suggerito dal sistema;
- $t_{info_t}$  = numero di persone nel blocco discrezionale x tempo di servizio medio;
- $t_{info_i}$  = tempo suggerito dal sistema per rimettersi in coda;
- $t_w$  = tempo in coda a valle di  $t_{info_i}$ .

In quest'esempio sono state fatte le seguente ipotesi

- Il tempo di servizio medio è stato posto pari a 60 secondi;
- $t_{info\_base} = 10$  minuti;
- $t_w = 0$  minuti
- Il messaggio informativo viene inviato a tutti i passeggeri che vedono davanti a se una coda superiore a 5 minuti;
- Un tasso di penetrazione (market penetration) dell'informazione pari al 100% (tutti gli utenti destinatari del messaggio informativo possono visualizzarlo);
- I passeggeri sono utenti disciplinati (una volta che hanno deciso di seguire il messaggio informativo impiegano esattamente un tempo pari a  $t_{info}$  per espletare le attività discrezionali).

L'analisi svolta ha evidenziato come una variazione della compliance media possa influire su:

- tempi (medi e totali) in coda;
- tempi (medi e totali) per attività discrezionali;
- tempi (medi e totali) per superare la specifica fase dello spostamento (tempo di fase).

In questo caso, per compliance media, si intende l'aliquota media di passeggeri che essendo raggiunti dal messaggio informativo, reagiscono in accordo alle indicazioni del sistema.

L'analisi è stata inoltre reiterata considerando diversi volumi di utenti da registrare. Si riportano di seguito i diagrammi della variazione dei tempi in ragione del livello di compliance media.

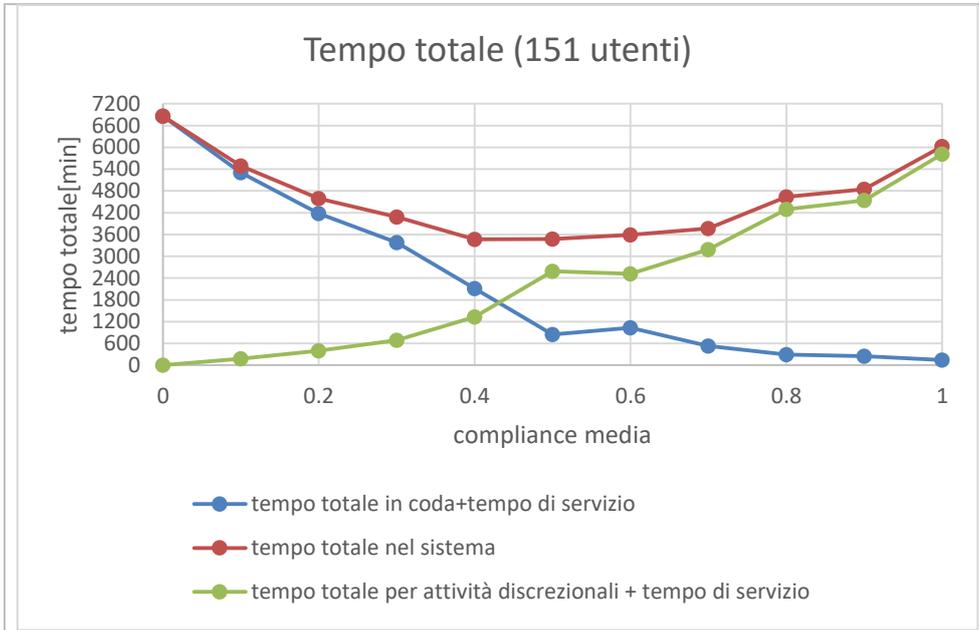


Fig. 100 Variazione del tempo totale (151 pax)

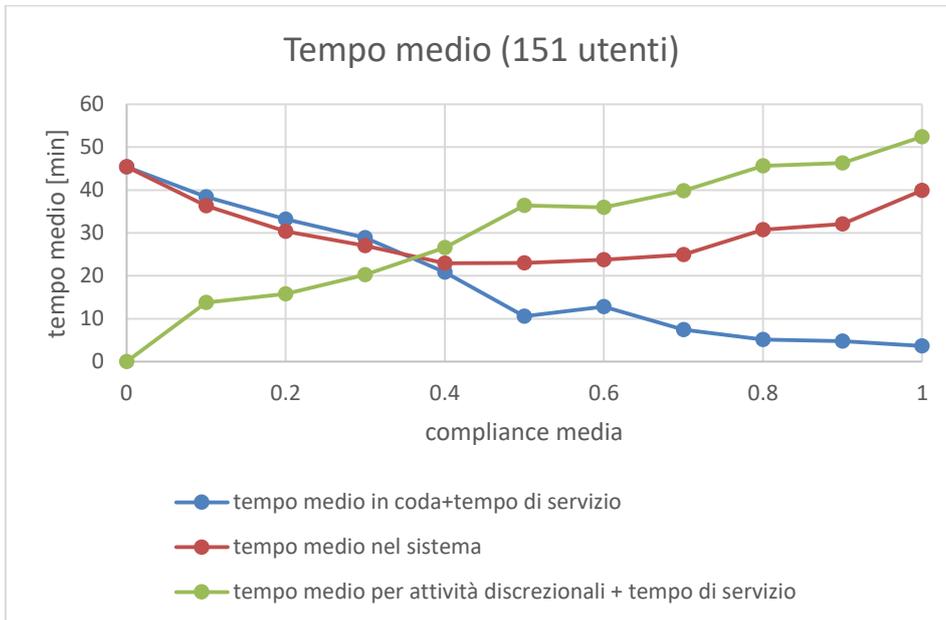


Fig. 101 Variazione del tempo medio (151 pax)

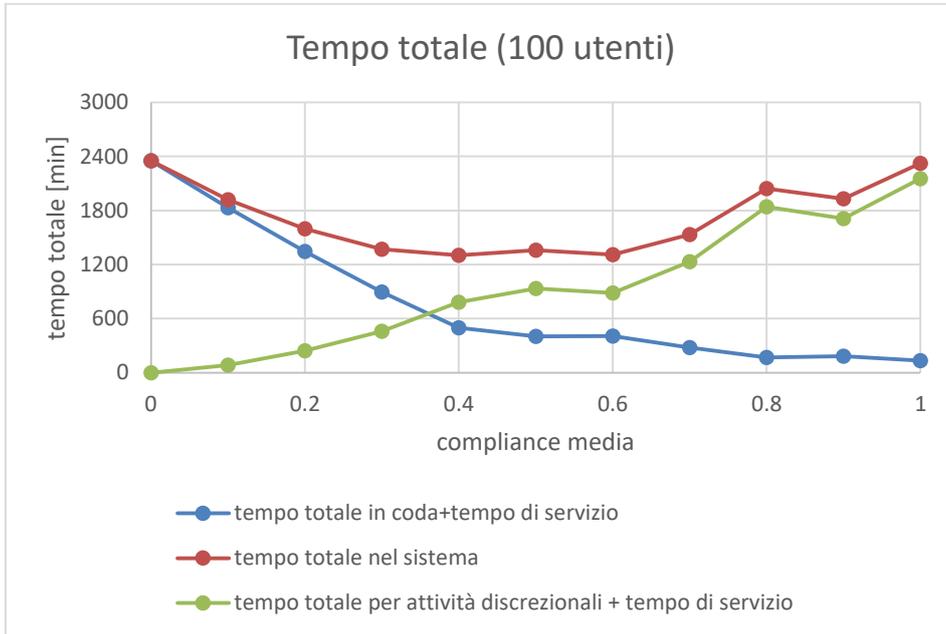


Fig. 102 Variazione del tempo totale (100 pax)

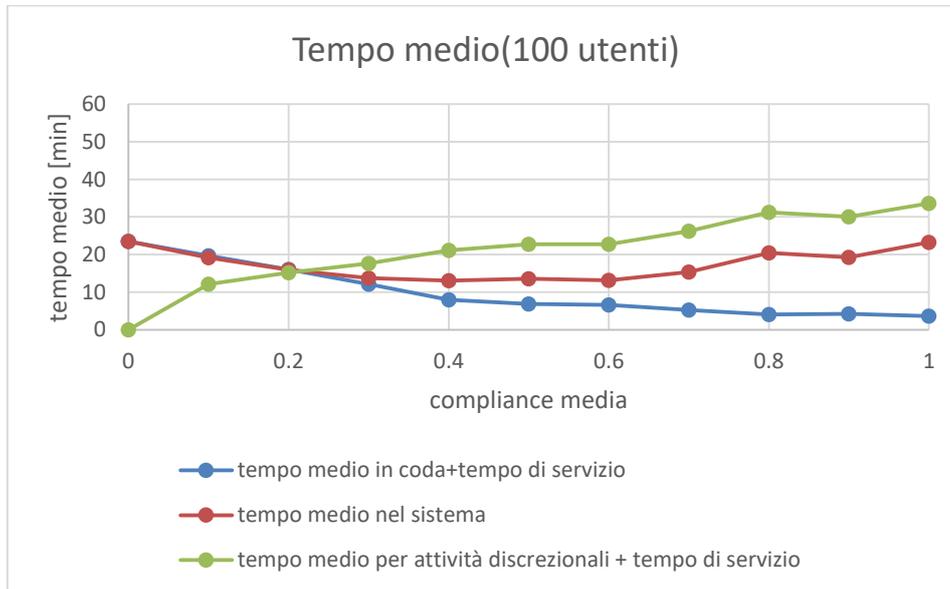


Fig. 103 Variazione del tempo medio (100 pax)

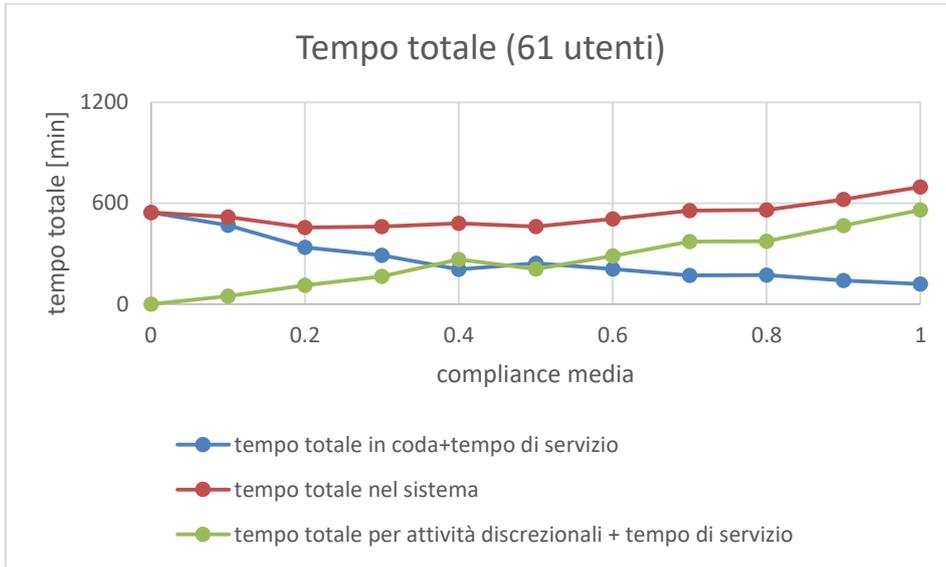


Fig. 104 Variazione del tempo totale (61 pax)

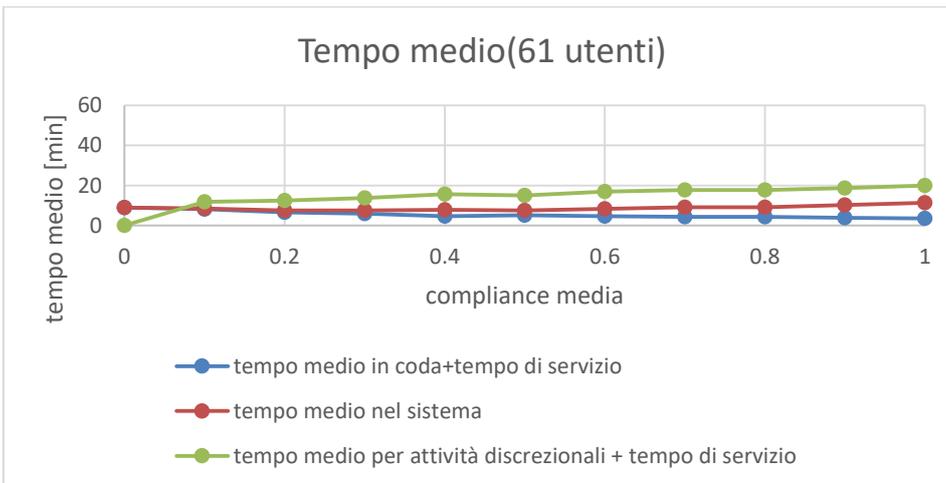


Fig. 105 Variazione del tempo medio (61 pax)

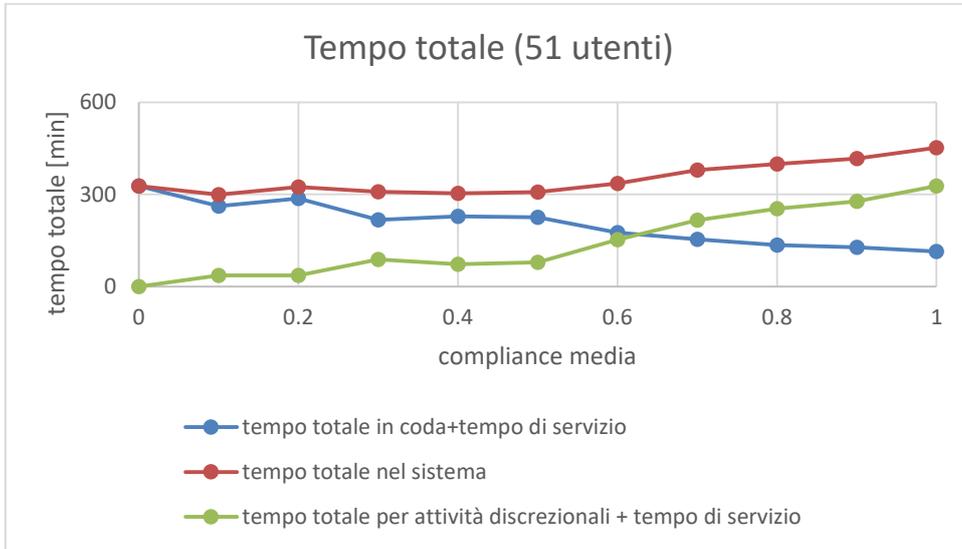


Fig. 106 Variazione del tempo totale (51 pax)

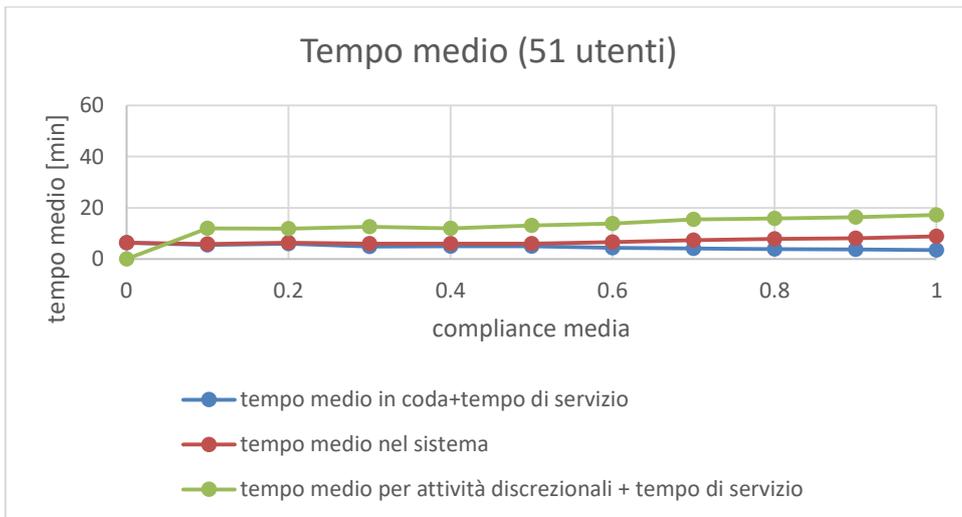


Fig. 107 Variazione del tempo medio (51 pax)

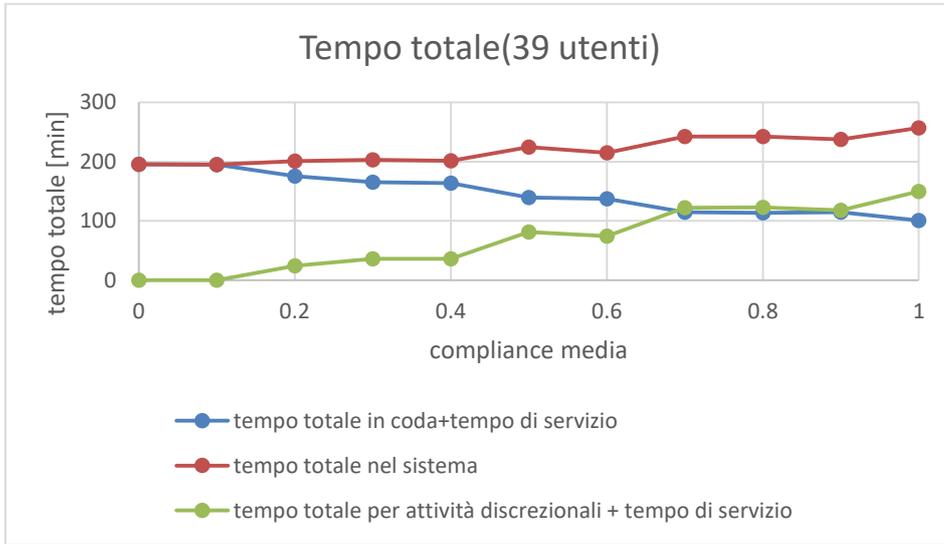


Fig. 108 Variazione del tempo totale (39 pax)

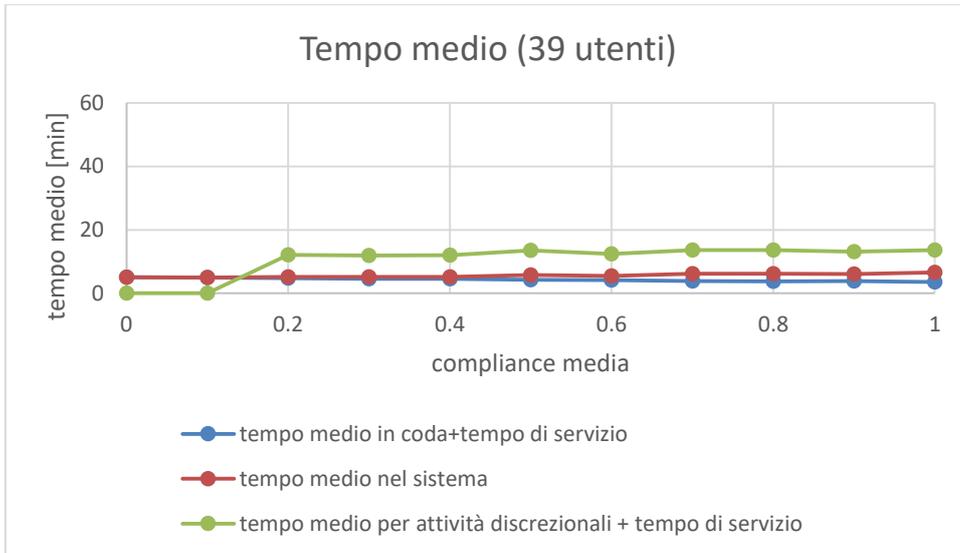


Fig. 109 Variazione del tempo medio (39 pax)

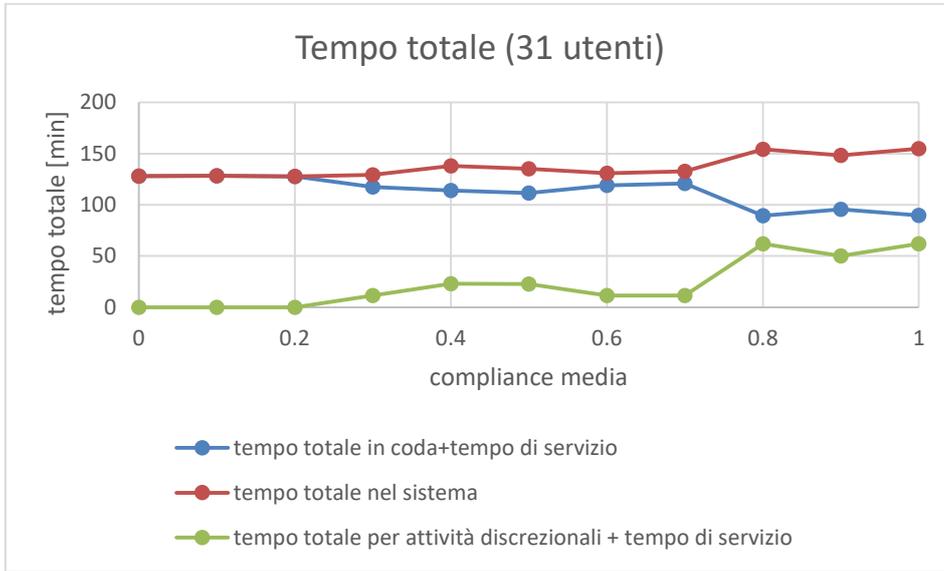


Fig. 110 Variazione del tempo totale (31 pax)

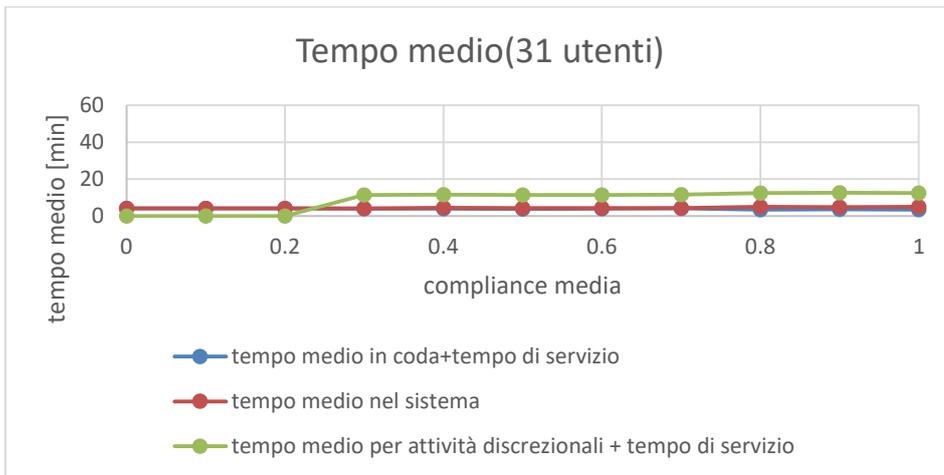


Fig. 111 Variazione del tempo medio (31 pax)

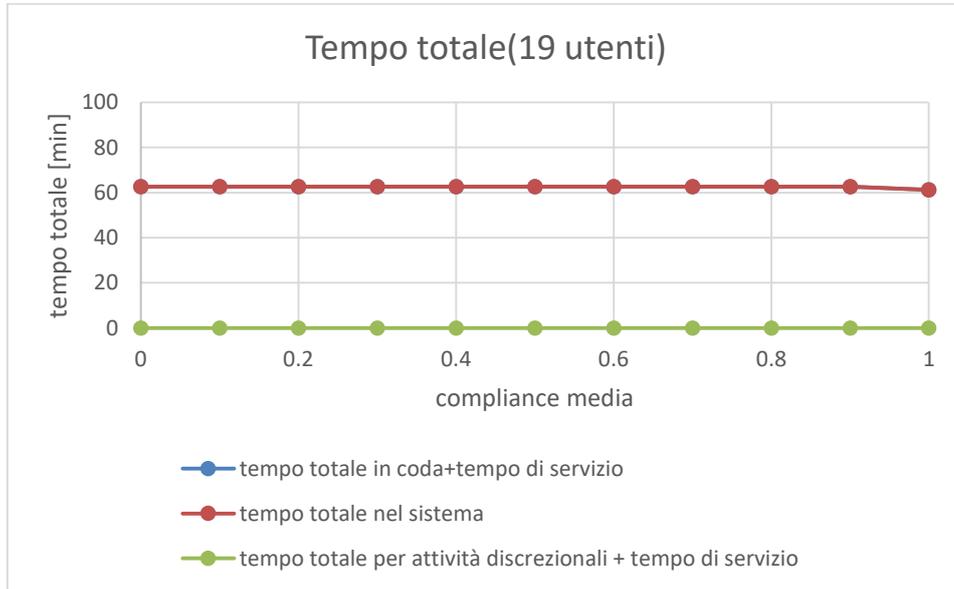


Fig. 112 Variazione del tempo totale (19 pax)

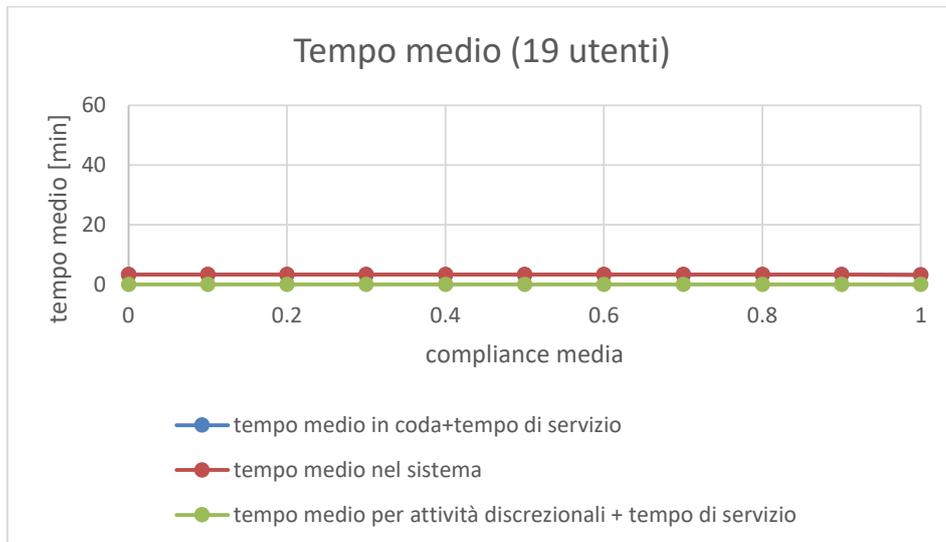


Fig. 113 Variazione del tempo medio (19 pax)

Come si può notare dai grafici sopra riportati un diverso valore di compliance medio influenza, in maniera più o meno significativa, i tempi medi che gli utenti

sperimentano in coda, per attività discrezionali e per completare l'intera fase di spostamento.

In particolare si può notare, che, tendenzialmente un aumento della compliance media comporta una diminuzione dei tempi in coda al check-in e un aumento del tempo medio per attività discrezionali.

Per quanto riguarda il tempo di fase, si può altresì notare che, per alti valori del volume di utenti da processare, esso tende a diminuire fino ad un certo valore di compliance medio (0,4-0,6) per poi risalire. Invece, in corrispondenza di volumi più ridotti, livelli di compliance media elevati possono portare addirittura ad un aumento del tempo di fase. Infine, quando il numero di utenti da imbarcare è estremamente ridotto, qualsiasi grado di compliance risulta indifferente. Questo si può spiegare facilmente in quanto, data la specifica legge di arrivo dei passeggeri, e dato il ridotto numero di utenti che di volta in volta si mettono in coda, non si vengono mai a creare le condizioni (massima coda tollerabile di 5 minuti) affinché il sistema invii un messaggio informativo e di conseguenza l'utente non si troverà mai nella condizione di dover effettuare una scelta provocata dal sistema informativo.

Da queste considerazioni si può affermare che:

- ai fini della riduzione del tempo medio di fase il valore medio della compliance deve essere minore di 1;
- per bassi volumi di passeggeri da registrare un valore di compliance medio superiore a 0 può essere controproducente;
- per volumi di passeggeri estremamente bassi (e con bassi tempi di servizio e alti valori di coda tollerabile) la presenza o meno di un sistema informativo è indifferente.

Com'è emerso dallo studio dei risultati dell'indagine effettuato nel capitolo 5, per ottenere il livello di compliance medio desiderato è possibile agire sul valore da assegnare agli attributi del messaggio informativo

Le considerazioni sopra esposte sono valide anche se si prende in esame la fase di spostamento relativa al superamento dei controlli di sicurezza. In questo caso, tuttavia, il volume di passeggeri da processare è il risultato dell'aggregazione del

numero di passeggeri di ogni volo. In questa circostanza quindi l'efficacia del servizio informativo può risultare molto più significativa.

È utile chiarire che l'applicazione presentata è da interpretarsi come corollario a tutte le attività svolte. La finalità è validare la potenzialità di un sistema informativo avanzato e, allo stesso tempo, evidenziare la importanza di una robusta e congruente informazione, oltre alla necessità di definire preliminarmente una market penetration.

Appare evidente la necessità di implementare una simulazione integrata dell'intero sistema aeroportuale, con stima di indicatori di performance globali. Il tutto rappresenta una delle prospettive di ricerca che questa tesi lascia a future attività.

## **6.9 Conclusioni**

Nel presente capitolo è stato descritto il processo di specificazione del modello di microsimulazione pedonale del flusso di passeggeri in partenza dall'aeroporto di Napoli.

Sono state dettagliate le singole fasi della specificazione e validazione così come descritte del paragrafo 6.3.

Per ogni fase sono state riportate le ipotesi modellistiche, i modelli di diversione adottati e i valori dei parametri del modello.

Come più volte ricordato nel modello sono state rappresentate sia le attività vincolanti che le attività discrezionali del passeggero.

La validazione è stata effettuata confrontando i risultati della modellazione con le evidenze sperimentali raccolte nel giorno 22 Settembre 2017. La convalida del modello è stata realizzata confrontando i flussi registrati in sito con quelli calcolati dal modello. Le sezioni di controllo prese in considerazione sono state la sezione dei pre-filtri e la sezione dei controlli di sicurezza, poste entrambe al primo piano del terminal.

Sono stati altresì introdotti due indicatori: lo scostamento massimo e lo scostamento medio.

Lo scostamento massimo può essere inteso come una sorta di errore massimo che si può registrare ogni minuto nel confrontare i flussi registrati con i flussi simulati mentre lo scostamento medio rappresenta l'errore medio valutato per ogni minuto. Dal confronto dei flussi si è evinto che i valori di scostamento massimo e minimo valutati con flussi aggregati a 15 e 60 minuti risultano più che accettabili rispetto agli standard operativi e le esigenze dell'ente gestore dell'aeroporto.

All'interno del modello sono state anche implementate, mediante opportuni script Java, logiche comportamentali più complesse che includono la presenza di un sistema informativo e la reazione all'informazione dei passeggeri. Tuttavia la validazione di un siffatto modello richiederebbe un dettagliato database sugli andamenti delle code in corrispondenza delle sezioni di riferimento (desk check-in e varchi di sicurezza) che, al momento, è ancora in fase di costruzione. Per tale motivo il modello è stato validato non considerando la market penetration e la compliance di un messaggio informativo ma ci si riserva di includere tali aspetti nel modello non appena il suddetto database risulterà disponibile.

## **7 Sintesi e conclusioni**

### **7.1 Obiettivi e Metodologia**

Il presente lavoro di tesi di è posto quattro obiettivi principali:

**[obiettivo - i] Definire un dettagliato stato dell'arte sull'attuale contesto tecnologico e sugli approcci di analisi.**

**[obiettivo - ii] Analizzare e modellizzare i comportamenti di utenti del sistema di trasporto aereo in presenza di sistemi informativi avanzati.**

**[obiettivo - iii] Investigare l'approccio di simulazione più adatto per inglobare logiche comportamentali avanzate all'interno di un modello di simulazione dinamico di un terminal aeroportuale.**

**[obiettivo - iv] Investigare su casi studio semplici la utilità/opportunità di fornire informazioni intelligenti agli utenti di un aeroporto.**

#### **7.1.1 [Obiettivo – i]**

Lo studio delle potenzialità e delle caratteristiche di sistemi informativi avanzati in ambito aeroportuale non può prescindere da un attento stato dell'arte. Il lavoro svolto ha cercato di dare risposte alle seguenti problematiche:

- le tecnologie esistenti a supporto dell'esperienza di viaggio di un passeggero del sistema di trasporto aereo,
- gli approcci di analisi e modellazione delle attività di un utente di un aeroporto.

#### **7.1.2 [Obiettivo – ii]**

Il secondo obiettivo è stato articolato in due sotto-obiettivi:

- (a) l'analisi della reazione all'informazione,
- (b) l'analisi della propensione ad usare/acquistare servizi informativi avanzati.

In entrambi i casi le problematiche di ricerca che si è desiderato affrontare hanno riguardato la modellazione delle logiche comportamentali in contesti mai investigati in letteratura, l'analisi dei determinanti nei due processi di scelta, l'analisi dell'incidenza di variabili psico-attitudinali e, infine, l'analisi della reale efficacia di modelli di utilità aleatoria ibridi a variabili latenti rispetto a formulazioni consolidate.

Entrambe le problematiche sono state affrontate progettando e realizzando due distinte indagini SP su due distinti campioni opportunamente scelti tra utenti del sistema di trasporto aereo con almeno 1 spostamento aereo all'anno.

Per quanto ha riguardato la prima problematica (a), l'attenzione è stata posta su spostamenti di partenza da un aeroporto conosciuto dall'utente, analizzando tutte le tipiche attività da svolgere all'interno di un terminal aeroportuale. È stato, pertanto, simulata la sequenza di attività che un generico utente è chiamato a svolgere (check-in, controlli di sicurezza, imbarco) fino all'imbarco, e per ciascuna attività è stata ipotizzata l'esistenza di un sistema informativo in grado, a seconda dei casi, di fornire informazioni sul tempo di attesa in coda all'istante di arrivo e indicazioni sulla opportunità di svolgere altre attività e di tornare dopo un prefissato intervallo temporale. In ciascuna fase dello spostamento è stata raccolta la decisione di seguire o meno l'indicazione fornita dal sistema informativo.

A partire dalle osservazioni sperimentali e a partire dalle informazioni socio-economiche e attitudinali raccolte nell'ambito dell'indagine, è stato calibrato un sistema di modelli di scelta discreta basati sul paradigma teorico dell'utilità aleatoria. Sono state investigate formulazioni consolidate di tipo omoschedastico (Logit) e di tipo ibrido a variabili latenti. Le specificazioni hanno consentito di raggiungere diversi obiettivi: la interpretazione e modellazione del fenomeno, la comprensione dei determinanti del processo di scelta, l'analisi del ruolo di fattori psico-attitudinali e, infine, una comparazione della efficacia riproduttiva di modelli di differente complessità.

Per quanto ha riguardato la seconda problematica (b), a differenza dell'attività (a), l'attenzione è stata posta su tutte le attività che caratterizzano uno spostamento di

partenza da un aeroporto dall'origine dello spostamento (casa) al gate di imbarco. È stato, pertanto, simulata la sequenza di attività fino all'imbarco (accesso, parcheggio, ingresso, check-in, controlli di sicurezza, imbarco, attività discrezionali). Per ciascuna attività è stata ipotizzata l'esistenza di un sistema informativo in grado di fornire informazioni sulla migliore scelta/decisione da prendere. In ciascuna fase dello spostamento è stato raccolto la propensione ad utilizzare il sistema informativo (installare l'eventuale app), la generica disponibilità a pagare per il servizio e, infine, il prezzo massimo che ciascun intervistato era disposto a pagare per il servizio.

A partire dalle osservazioni sperimentali e a partire dalle informazioni socio-economiche e attitudinali raccolte nell'ambito dell'indagine, è stato calibrato un sistema di modelli di scelta discreta basati sul paradigma teorico dell'utilità aleatoria. Anche in questo caso Sono state investigate formulazioni consolidate di tipo omoschedastico (Logit) e di tipo ibrido a variabili latenti. Come per il punto (a) le specificazioni hanno consentito di raggiungere diversi obiettivi: la interpretazione e modellazione della disponibilità ad utilizzare sistemi informativi avanzati nelle diverse attività di spostamento, la comprensione dei determinanti del fenomeno, l'analisi del ruolo di fattori psico-attitudinali e, infine, la disponibilità a pagare per i citati servizi. Anche in questo caso è stato possibile condurre una comparazione della efficacia riprodotiva di modelli di differente complessità.

### 7.1.3 [Obiettivo – iii]

La reale utilità/efficacia di un sistema informativo dipende dalla sua robustezza e affidabilità predittiva. L'effettiva implementazione richiede, in via preliminare, attente analisi di fattibilità/efficacia e richiede, in fase operativa, la simulazione del funzionamento dell'aeroporto in modo da alimentare in tempo reale il sistema informativo stesso. Inoltre, l'utilità della modellazione di logiche comportamentali non può prescindere dalla possibilità di poterle effettivamente implementare in un modello di simulazione.

Tutte le suddette problematiche non sono banali perché richiedono modelli di simulazione dinamici in grado di simulare il funzionamento di differenti tipologie di

unità serventi, la dinamica di flussi pedonali, logiche comportamentali di singoli utenti e le logiche di funzionamento delle attività fornite da differenti gestori. In un tale scenario è necessario individuare un approccio modellistico che sia in grado di integrare in maniera efficace ed efficiente le citate unità.

L'obiettivo è stato perseguito mediante un'analisi desk preliminare dei possibili approcci modellistici esistenti tipici della Ingegneria dei Trasporti e/o dei processi industriali. Scartati gli approcci più utilizzati per la simulazione del deflusso veicolare, lo studio si è concentrato sugli approcci di simulazione ad eventi discreti o multi-agente, concludendo l'efficacia di un approccio misto capace di integrare simulazione ad eventi e modellazione ad agenti. La simulazione ad eventi discreti consente di rappresentare l'evoluzione del sistema nel tempo, con variabili che cambiano istantaneamente il loro valore in ben definiti istanti. La simulazione ad agenti consente di integrare nella simulazione ad eventi entità dotate di autonomia, intelligenza e mobilità. In particolare, ogni agente valuta il suo stato e prende decisioni in base ad un insieme di regole che ne definiscono il comportamento sociale. La mobilità è un aspetto fondamentale degli agenti che nel loro spostarsi possono accelerare, evitare ostacoli, generare connessioni e più in generale interagire con l'ambiente esterno e con altri agenti. La modellazione combinata permette di combinare i vantaggi dell'una e dell'altra metodologia di simulazione.

Tuttavia, la individuazione tecnico-teorica del migliore approccio modellistico non può garantire, da sola, la reale efficacia in contesti aeroportuali operativi/reali. Pertanto, si è proceduto alla specificazione, calibrazione e validazione di un modello ibrido ad eventi discreti multi-agente su di un caso studio reale rappresentato dall'aeroporto di Napoli-Capodichino. Il modello ha preso in considerazione tanto le attività vincolanti ai fini dell'imbarco (check-in, controlli di sicurezza, etc.) che le attività discrezionali come lo shopping, l'utilizzo dei servizi igienici, l'utilizzo di specifiche strutture dell'aeroporto, etc. Gli agenti rappresentano le entità circolanti che quindi non sono più agenti passivi ed i loro attributi rappresentano alcune variabili di stato del sistema che possono variare anche al di fuori dell'evento.

#### 7.1.4 [Obiettivo – iv]

A partire dalle risultanze sperimentali dell'obiettivo (ii) e a partire dal modello specificato nell'obiettivo (iv), è stata implementata un'applicazione caratterizzata da un'unica unità "servente" tipica dei servizi aeroportuali (check-in, controlli di sicurezza, imbarco). L'applicazione, benché molto semplice, ha visto la diretta implementazione di logiche comportamentali coerenti con quelle investigate al punto (ii). La finalità è stata duplice. Da un lato è stata validata la possibilità di implementare logiche comportamentali all'interno del modello di simulazione dinamico; dall'altro è stata condotta un'analisi di sensitività rispetto al grado di compliance medio ottimale per ridurre il tempo di attesa in coda e il tempo totale di permanenza nel sistema.

## 7.2 Risultati

### 7.2.1 [Obiettivo – i]

È stato ottenuto un dettagliato stato dell'arte che ha consentito di trarre le seguenti conclusioni:

- Per quanto riguarda le tecnologie a servizio del passeggero, queste hanno subito profonde trasformazioni negli ultimi 20 anni, dovute alla spinta tecnologica del comparto IT per il monitoraggio dell'utenza e la fruizione di servizi in modalità self service. Questi ultimi, a partire dai primi chioschi installati nei principali terminal aeroportuali, si sono esponenzialmente sviluppati in linea con la diffusione dei personal computer prima e della tecnologia mobile poi. Le ultime sperimentazioni fanno presagire un futuro dove gli aeroporti saranno in grado di infittire e migliorare la comunicazione con i propri utenti attraverso l'utilizzo spinto dei social network e dei dispositivi wearable.
- Diversi possono essere i protocolli di comunicazione. Allo stato attuale la tecnologia WiFi e NFC rappresentano i canali più diffusi per monitorare e

fornire servizi extra agli utenti. A tali tecnologie si sta velocemente affiancando la tecnologia a radiofari Beacon che copre gran parte dei gap funzionali esistenti e che rappresenta il futuro della comunicazione tra utente e gestore del terminal.

- In merito agli approcci di analisi e modellazione delle attività dell'utente aeroportuale, ormai questi non possono prescindere da metodologie simulative capaci di entrare nel dettaglio delle singole attività e scelte dei singoli passeggeri. Attualmente modelli microscopici agent-based integrati con modelli comportamentali per la simulazione delle scelte rappresentano la soluzione più promettente per affrontare in modo efficiente sia la natura variabile della domanda che quella stocastica del sistema di trasporto aereo.

#### 7.2.2 [Obiettivo – ii/a]

I principali risultati sono di natura conoscitiva e metodologica.

In generale è emerso che il paradigma dell'utilità aleatoria ha confermato la capacità di interpretare e modellare i comportamenti di scelta in presenza di un sistema informativo.

Sia gli approcci consolidati che gli approcci avanzati (modelli ibridi) hanno evidenziato simili capacità riproduttive.

Per le singole fasi dello spostamento è possibile trarre le seguenti indicazioni.

##### 7.2.2.1 Check-In

- La predisposizione a seguire l'informazione è risultata essere pari a circa il 74% di coloro che hanno dichiarato di voler immediatamente espletare la procedura di registrazione. L'analisi ha evidenziato che al variare del contenuto informativo del messaggio erogato non corrispondono grandi differenze comportamentali.

- L'utilizzo di informazioni aggiuntive, sui tempi totali per l'imbarco e info commerciali non giocano un ruolo significativo nel processo di scelta.
- I risultati della calibrazione hanno evidenziato la coerenza dei segni e la significatività statistica degli attributi dell'informazione (attributi di livello di servizio). In particolare si è evinto che a tempi in coda elevati ( $t_q$ ) corrisponde una maggiore propensione degli utenti a voler rimandare il check-in. Viceversa maggiore è l'intervallo temporale suggerito dal sistema per mettersi in fila ( $t_{info}$ ) e minore sarà la tendenza del passeggero a seguire i consigli del sistema. Infine più il tempo in coda ( $t_w$ ) previsto a valle di un certo  $t_{info}$ , è piccolo e maggiore sarà la probabilità di seguire il messaggio del S.I.
- Per l'attributo ( $t_q$ ) sono state sperimentate specificazioni lineari e non. Dal confronto è emerso che sopra la soglia dei 20 minuti l'incremento di utilità del messaggio informativo cresce più che linearmente.
- In merito agli attributi socio-economici, è emerso che alcune caratteristiche come il genere, l'età, l'esperienza di viaggio, la tendenza ad arrivare in anticipo al terminal, la propensione all'uso delle tecnologie sono attributi significativi nel processo di scelta. In particolare si è visto che il genere maschile, la giovane età, la poca esperienza di viaggio e la tendenza ad organizzare i propri spostamenti tramite app sono chiari indicatori di una predisposizione a seguire le indicazioni del sistema. Per contro la tendenza ad arrivare in anticipo all'aeroporto o l'abitudine a pianificare pre-trip, in maniera dettagliata, i propri spostamenti sono sintomi di un'inerzia comportamentale che spinge l'utente a non affidarsi ai suggerimenti del sistema.
- La variabile latente che indica l'intrinseco bisogno di informazioni ha mostrato segno positivo. Quindi maggiore è tale bisogno e maggiore è la propensione dell'utente a seguire le indicazioni del sistema.

- Dalla validazione è emerso che, in una percentuale maggiore del 70%, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello.

#### 7.2.2.2 Controlli di sicurezza

- La predisposizione a seguire l'informazione è risultata essere pari a circa il 67% di coloro che hanno dichiarato di volersi recare immediatamente ai varchi di sicurezza dopo il check-in. A differenza del caso precedente però ad un diverso contenuto informativo corrispondono differenze comportamentali più marcate.
- L'utilizzo di informazioni aggiuntive, sui tempi totali per l'imbarco e info commerciali non giocano un ruolo significativo nel processo di scelta.
- I risultati della calibrazione hanno evidenziato la coerenza dei segni e la significatività statistica degli attributi dell'informazione (attributi di livello di servizio). In particolare si è evinto che a tempi in coda elevati ( $t_q$ ) corrisponde una maggiore propensione degli utenti a voler rimandare i controlli. Viceversa maggiore è l'intervallo temporale suggerito dal sistema per mettersi in fila ( $t_{info}$ ) e minore sarà la tendenza del passeggero a seguire i consigli del sistema. Infine più il tempo in coda ( $t_w$ ) previsto a valle di un certo  $t_{info}$ , è piccolo e maggiore sarà la probabilità di seguire il messaggio del S.I.
- Per l'attributo ( $t_{info}$ ) sono state sperimentate specificazioni lineari e non. Dal confronto è emerso che sopra la soglia dei 26 minuti l'incremento di disutilità del messaggio informativo cresce più che linearmente.
- In merito agli attributi socio-economici, è emerso che alcune caratteristiche come l'età, il motivo dello spostamento, la presenza di bagaglio a mano, l'esperienza di viaggio, la tendenza ad arrivare in anticipo al terminal, la propensione all'uso delle tecnologie sono

attributi significativi nel processo di scelta. In particolare si è visto che, la giovane età, la poca esperienza di viaggio la tendenza ad organizzare i propri spostamenti tramite app, lo spostarsi per svago, sono chiari indicatori di una predisposizione a seguire le indicazioni del sistema. Per contro la tendenza ad arrivare in anticipo all'aeroporto o l'abitudine a pianificare pre-trip, in maniera dettagliata, i propri spostamenti e la presenza di bagaglio a mano sono sintomi di un'inerzia comportamentale che spinge l'utente a non affidarsi ai suggerimenti del sistema

- La variabile latente che indica l'intrinseco bisogno di informazioni ha mostrato segno positivo. Quindi maggiore è tale bisogno e maggiore è la propensione dell'utente a seguire le indicazioni del sistema.
- Dalla validazione è emerso che, in una percentuale maggiore del 70%, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta del modello.

### 7.2.2.3 Imbarco

- La predisposizione a seguire l'informazione è risultata essere pari a circa il 71% di coloro che hanno dichiarato di voler immediatamente recarsi al gate dopo aver completato i controlli di sicurezza. In questa fase si è notato che la propensione ad affidarsi ai suggerimenti del sistema è tanto maggiore quanto minore è il tempo che manca all'imbarco.
- In questa fase è emerso che fornire informazioni personalizzate di wayfinding e sullo stato reale del volo può invogliare i passeggeri a ritardare il momento di recarsi al proprio gate.
- Dato il ridotto numero di rispondenti che hanno dichiarato di volersi recare immediatamente ai gate, per questa fase di spostamento non è stato calibrato alcun modello di scelta

### 7.2.3 [Obiettivo – ii/b]

I principali risultati sono di natura conoscitiva e metodologica.

In generale è emerso che il paradigma dell'utilità aleatoria ha confermato la capacità di interpretare e modellare i comportamenti degli utenti in merito alla disponibilità ad utilizzare ed eventualmente a pagare per installare un'app in grado di fornire servizi informativi avanzati. Sia gli approcci consolidati che gli approcci avanzati (modelli ibridi) hanno evidenziato simili capacità riproduttive.

Dallo studio effettuato si è evidenziato che:

- Il 76.9% del campione ha dichiarato di essere disposto a scaricare e installare un'app di supporto informativo aeroportuale. Tale percentuale sale al 95.4% qualora venissero concessi ai rispondenti una serie di incentivi come sconti e promozioni negli esercizi commerciali all'interno del terminal, Wi-Fi gratuito, etc.
- Tra le motivazioni di coloro che hanno dichiarato di non essere disposti ad installare l'app spiccano prevalentemente motivi legati alla privacy o al disinteresse verso una qualunque assistenza informativa.
- L'indagine ha evidenziato che solo poco più del 34% di coloro che avevano dichiarato di essere disposti ad installare l'app (con o senza incentivi) è disposto a pagare.
- Circa il 78% di chi è disposto a pagare, dichiara di voler spendere una cifra non superiore ai 3 euro all'anno.
- Le informazioni più apprezzate sono quelle relative ai tempi per superare una certa fase dello spostamento e di wayfinding.
- I risultati della calibrazione hanno evidenziato la coerenza dei segni e la significatività statistica dell'attributo costo. In particolare si è evinto che all'aumentare del costo, cala la propensione all'acquisto dell'app.
- In merito agli attributi socio-economici, è emerso che le donne, i liberi professionisti, chi effettua più di tre spostamenti all'anno e chi già utilizza

comunemente un'app per pianificare il proprio viaggio, è più propenso ad installare l'app seppur a pagamento.

- Ad un livello di istruzione più alto, corrisponde una maggiore propensione ad utilizzare l'app.
- Gli utenti più giovani presentano una maggiore inclinazione a utilizzare l'app ma sono meno propensi ad installarla se a pagamento.
- In generale maggiore è il grado di importanza assegnata ad un'informazione sui tempi e di wayfinding e più alta risulta la propensione ad installare l'app.
- La variabile latente che indica l'intrinseco bisogno di informazioni ha mostrato segno positivo. Quindi maggiore è tale bisogno e maggiore è la propensione dell'utente a utilizzare e eventualmente a pagare per ottenere l'app.
- Dalla validazione è emerso che, in una percentuale compresa tra il 71 e 87%, le scelte effettuate dal campione corrispondono alla risposta dei modelli.

#### 7.2.4 [Obiettivo – iii]

Oltre alla individuazione dell'approccio modellistico più efficace a simulare un sistema aeroportuale in presenza di sistemi informativi avanzati, la specificazione del modello su di un caso reale ha consentito di riprodurre sia le attività vincolanti ai fini dell'esecuzione del processo di imbarco sia il libero arbitrio dei passeggeri nel intraprendere attività discrezionali. In particolare, il modello è stato validato confrontando i risultati della modellazione con le evidenze sperimentali raccolte nel giorno 22 Settembre 2017 nel terminal dell'aeroporto internazionale di Napoli. La convalida del modello è stata realizzata confrontando i flussi registrati in sito con quelli calcolati dal modello. Le sezioni di controllo prese in considerazione sono state la sezione dei pre-filtri e la sezione dei controlli di sicurezza, poste entrambe al primo piano del terminal.

Sono stati altresì introdotti due indicatori: lo scostamento massimo e lo scostamento medio.

Lo scostamento massimo può essere inteso come una sorta di errore massimo che si può registrare ogni minuto nel confondere i flussi registrati con i flussi simulati mentre lo scostamento medio rappresenta l'errore medio valutato per ogni minuto.

Dal confronto dei flussi si è evinto che i valori di scostamento massimo e minimo valutati con flussi aggregati a 15 e 60 minuti risultano più che accettabili rispetto agli standard operativi e le esigenze dell'ente gestore dell'aeroporto.

Si è, pertanto, potuto concludere che la modellazione ibrida (Discrete Events + MultiAgents), con l'introduzione di logiche comportamentali che tengano conto della pressione temporale e delle modalità con cui i passeggeri effettuano lo shopping, rappresenta uno strumento affidabile e robusto per la rappresentazione dei flussi pedonali all'interno del terminal.

All'interno del modello sono state anche implementate, mediante opportuni script Java, logiche comportamentali più complesse che includono la presenza di un sistema informativo e la reazione all'informazione dei passeggeri. Tuttavia la validazione di un siffatto modello richiederebbe un dettagliato database sugli andamenti delle code in corrispondenza delle sezioni di riferimento (desk check-in e varchi di sicurezza) che, al momento, è ancora in fase di costruzione. Per tale motivo il modello è stato validato non considerando la market penetration e la compliance di un messaggio informativo ma ci si riserva di includere tali aspetti nel modello non appena il suddetto database risulterà disponibile.

#### 7.2.5 [Obiettivo – iv]

La implementazione di un'unica unità servente di un sistema informativo ha evidenziato che:

- Ai fini della riduzione del tempo medio di fase (tempo medio per superare una certa fase di spostamento) il valore medio della compliance medio deve essere minore di 1;
- Il tempo in coda generalmente diminuisce (al più rimane lo stesso) all'aumentare del grado di compliance medio;
- Per bassi volumi di passeggeri da registrare, un valore di compliance medio superiore a 0 può essere controproducente;
- Per volumi di passeggeri estremamente bassi (e con bassi tempi di servizio e alti valori di coda tollerabile) la presenza o meno di un sistema informativo è indifferente.

È utile chiarire che l'applicazione presentata è da interpretarsi come corollario a tutte le attività svolte. La finalità è validare la potenzialità di un sistema informativo avanzato e, allo stesso tempo, evidenziare la importanza di una robusta e congruente informazione, oltre alla necessità di definire preliminarmente una market penetration. Appare evidente la necessità di implementare una simulazione integrata dell'intero sistema aeroportuale, con stima di indicatori di performance globali. Il tutto rappresenta una delle prospettive di ricerca che questa tesi lascia a future attività.

## Riferimenti

1. Abdel-Aty, M., 1998. Modeling Incident-Related Routing Decisions by Using a Nested Logit Structure. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1645, 103–110. <https://doi.org/10.3141/1645-13>
2. Abdel-Aty, M.A., Kitamura, R., Jovanis, P.P., 1997. Using stated preference data for studying the effect of advanced traffic information on drivers' route choice. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 5, 39–50. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(96\)00023-X](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(96)00023-X)
3. Abdel-Aty, M.A., Vaughn, K.M., Jovanis, P.P., Kitamura, R., Mannering, F.L., 1994. IMPACT OF TRAFFIC INFORMATION ON COMMUTERS' BEHAVIOR: EMPIRICAL RESULTS FROM SOUTHERN CALIFORNIA AND THEIR IMPLICATIONS FOR ATIS. Presented at the Moving Toward Deployment. Proceedings of the IVHS America Annual Meeting. 2 Volumes IVHS America.
4. Abdel-Aty, M.A., Vaughn, K.M., Kitamura, R., Jovanis, P.P., Mannering, F.L., 1993. Models Of Commuters' Information Use And Route Choice: Initial Results Based On A Southern California Commuter Route Choice Survey.
5. Abdelaziz, S.G., Hegazy, A.A., Elabbassy, A., 2010. Study of airport self-service technology within experimental research of check-in techniques. *IJCSI* 7, 17.
6. Abdelghany, A., Abdelghany, K., Mahmassani, H., 2016. A hybrid simulation-assignment modeling framework for crowd dynamics in large-scale pedestrian facilities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 86, 159–176. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.02.011>
7. ABELSON, R.P., 1985. Decision making and decision theory. *Handbook of social psychology* 231–309.

8. Abeyratne, R.I.R., 2007. Bustling aerotropolis has arisen at many leading airports. *ICAO Journal* 62.
9. ACI -Europe (2015), 2015. Digital report 2014 - 2015. Brussels.
10. Adacher, L., Flamini, M., Guaita, M., Romano, E., 2017. A model to optimize the airport terminal departure operations. *Transportation Research Procedia* 27, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.151>
11. Adamey, E., Kurt, A., Özgüner, Ü., 2013. Agent-based passenger modeling for intelligent public transportation, in: 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013). Presented at the 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013), pp. 255–260.  
<https://doi.org/10.1109/ITSC.2013.6728242>
12. Ahyudanari, E., Vandebona, U., 2005. SIMPLIFIED MODEL FOR ESTIMATION OF AIRPORT CHECK-IN FACILITIES. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 6, 724–735.  
<https://doi.org/10.11175/easts.6.724>
13. Aksin Zeynep, Armony Mor, Mehrotra Vijay, 2009. The Modern Call Center: A Multi-Disciplinary Perspective on Operations Management Research. *Production and Operations Management* 16, 665–688.  
<https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2007.tb00288.x>
14. Albee, A., 2009. *eMarketing Strategies for the Complex Sale*, 1 edition. ed. McGraw-Hill Education, New York.
15. AlGadhi, S.A., Mahmassani, H., 1991. Simulation of crowd behavior and movement: fundamental relations and application. *Transportation Research Record* 1320, 260–268.
16. Ali, S., Nishino, K., Manocha, D., Shah, M., 2013. Modeling, Simulation and Visual Analysis of Crowds: A Multidisciplinary Perspective, in: *Modeling, Simulation and Visual Analysis of Crowds*, The International Series in Video Computing. Springer, New York, NY, pp. 1–19.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8483-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8483-7_1)

17. Andreatta, G., Brunetta, L., Righi, L., 2007. Evaluating terminal management performances using SLAM: The case of Athens International Airport. *Computers & Operations Research* 34, 1532–1550.  
<https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.07.024>
18. Appelt, S., Batta, R., Lin, L., Drury, C., 2007. Simulation of Passenger Check-in at a Medium-sized US Airport, in: *Proceedings of the 39th Conference on Winter Simulation: 40 Years! The Best Is Yet to Come*. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, pp. 1252–1260.
19. Armony, M., Maglaras, C., 2004a. On Customer Contact Centers with a Call-Back Option: Customer Decisions, Routing Rules, and System Design. *Operations Research* 52, 271–292.  
<https://doi.org/10.1287/opre.1030.0088>
20. Armony, M., Maglaras, C., 2004b. Contact Centers with a Call-Back Option and Real-Time Delay Information. *Operations Research* 52, 527–545. <https://doi.org/10.1287/opre.1040.0123>
21. Arnott, R., de Palma, A., Lindsey, R., 1991. Does providing information to drivers reduce traffic congestion? *Transportation Research Part A: General* 25, 309–318. [https://doi.org/10.1016/0191-2607\(91\)90146-H](https://doi.org/10.1016/0191-2607(91)90146-H)
22. Asakura, Y., Kashiwadani, M., 1994. Effects of parking availability information on system performance: a simulation model approach, in: *Vehicle Navigation and Information Systems Conference, 1994. Proceedings., 1994. Presented at the Vehicle Navigation and Information Systems Conference, 1994. Proceedings., 1994*, pp. 251–254.  
<https://doi.org/10.1109/VNIS.1994.396832>
23. Ashford, N.J., Mumayiz, S., Wright, P.H., 2011. *Airport Engineering: Planning, Design, and Development of 21st Century Airports*. John Wiley & Sons.
24. Avineri, E., Prashker, J.N., 2006. The Impact of Travel Time Information on Travelers' Learning under Uncertainty. *Transportation* 33, 393–408.  
<https://doi.org/10.1007/s11116-005-5710-y>

25. Axelrod, R.M., 1997. *The Complexity of Cooperation: Agent-based Models of Competition and Collaboration*. Princeton University Press.
26. Baird, S., 2013. Intelligent airports and data: The legal impact of new IT at airports. *Journal of Airport Management* 7, 173–178.
27. Balasubraman, S., Peterson, R.A., Jarvenpaa, S.L., 2002. Exploring the Implications of M-Commerce for Markets and Marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science* 30, 348–361.  
<https://doi.org/10.1177/009207002236910>
28. Ballis, A., 2002. Simulation of airport terminal facilities in the greek airports of Kavala and Alexandroupolis. *Oper Res Int J* 2, 391–406.  
<https://doi.org/10.1007/BF02936393>
29. Bamberger, V., Bettati, A., Hoeffinger, S., Kuruvilla, T., Wille, V., 2009. *Mastering Airport Retail. Roadmap to new industry standard*. [Online]. Available via: [http://www.adlittle.com/downloads/tx\\_adlreports/ADL\\_Mastering\\_Airport\\_Retail.pdf](http://www.adlittle.com/downloads/tx_adlreports/ADL_Mastering_Airport_Retail.pdf) [Retrieved 2016-11-05].
30. Bandara, S., Wirasinghe, S.C., 1992. Walking distance minimization for airport terminal configurations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 26, 59–74. [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(92\)90045-9](https://doi.org/10.1016/0965-8564(92)90045-9)
31. Batton-Aschman, A. and C.S., 1997. *Model Validation and Reasonableness Checking Manual*. Travel Model Improvement Program, U.S. Department of Transportation.
32. Batty, M., 2001. *Agent-based pedestrian modeling*. SAGE Publications Sage UK: London, England.
33. Beatson, D.A., Lee, D.N., Coote, D.L.V., 2007. Self-Service Technology and the Service Encounter. *The Service Industries Journal* 27, 75–89.  
<https://doi.org/10.1080/02642060601038700>
34. Bellomo, N., Dogbé, C., 2008. On the modelling crowd dynamics from scaling to hyperbolic macroscopic models. *Math. Models Methods Appl. Sci.* 18, 1317–1345. <https://doi.org/10.1142/S0218202508003054>

35. Ben-Akiva, M., 1992. Incorporation of psychometric data in individual choice models, in: American Marketing Association Advanced Research Techniques Forum, Lake Tahoe, Nevada.
36. Ben-Akiva, M., Bierlaire, M., Koutsopoulos, H.N., Mishalani, R., 2002a. Real Time Simulation of Traffic Demand-Supply Interactions within DynaMIT, in: *Transportation and Network Analysis: Current Trends*. Springer, Boston, MA, pp. 19–36. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6871-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6871-8_2)
37. Ben-Akiva, M., Bolduc, D., Bradley, M., 1993. ESTIMATION OF TRAVEL CHOICE MODELS WITH RANDOMLY DISTRIBUTED VALUES OF TIME. *Transportation Research Record*.
38. Ben-Akiva, M., Morikawa, T., Shiroishi, F., 1992. Analysis of the reliability of preference ranking data. *Journal of Business Research* 24, 149–164. [https://doi.org/10.1016/0148-2963\(92\)90058-J](https://doi.org/10.1016/0148-2963(92)90058-J)
39. Ben-Akiva, M., Walker, J., Bernardino, A.T., Gopinath, D.A., Morikawa, T., Polydoropoulou, A., 2002b. INTEGRATION OF CHOICE AND LATENT VARIABLE MODELS. IN: *IN PERPETUAL MOTION: TRAVEL BEHAVIOR RESEARCH OPPORTUNITIES AND APPLICATION CHALLENGES*.
40. Bierlaire, M., Thémans, M., Axhausen, K.W., 2006. Analysis of driver's response to real-time information in Switzerland. *Arbeitsberichte Verkehrs-und Raumplanung* 349.
41. Bifulco, G.N., Di Pace, R., Simonelli, F., 2009. A simulation platform for the analysis of travel choices in ATIS context through Stated Preferences experiments, in: *EWGT Conference-Padua (Italy)*.
42. Biles, W.E., 1987. Introduction to Simulation, in: *Proceedings of the 19th Conference on Winter Simulation, WSC '87*. ACM, New York, NY, USA, pp. 7–15. <https://doi.org/10.1145/318371.318374>
43. Birta, L.G., Arbez, G., 2013. *Modelling and Simulation: Exploring Dynamic System Behaviour*, 2nd ed, Simulation Foundations, Methods

- and Applications. Springer-Verlag, London.
44. BlipSystems, 2016. BlipTrack AIRPORT SOLUTIONS - International Airport Review.
  45. Blue, V.J., Adler, J.L., 2001. Cellular automata microsimulation for modeling bi-directional pedestrian walkways. *Transportation Research Part B: Methodological* 35, 293–312. [https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(99\)00052-1](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(99)00052-1)
  46. Blue, V.J., Embrechts, M.J., Adler, J.L., 1997. Cellular automata modeling of pedestrian movements, in: *Computational Cybernetics and Simulation 1997 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. Presented at the Computational Cybernetics and Simulation 1997 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 2320–2323 vol.3. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.1997.635272>
  47. Bolduc, D., Ben-Akiva, M., Walker, J., Michaud, A., 2005. Hybrid Choice Models with Logit Kernel: Applicability to Large Scale Models1, in: *Integrated Land-Use and Transportation Models*. Emerald Group Publishing Limited, pp. 275–302. <https://doi.org/10.1108/9781786359520-012>
  48. Bolduc, D., Boucher, N., Alvarez-Daziano, R., 2008. Hybrid Choice Modeling of New Technologies for Car Choice in Canada. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2082, 63–71. <https://doi.org/10.3141/2082-08>
  49. Bonabeau, E., 2002. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *PNAS* 99, 7280–7287. <https://doi.org/10.1073/pnas.082080899>
  50. Bonsall, P., Shires, J., Maule, J., Matthews, B., Beale, J., 2007. Responses to complex pricing signals: Theory, evidence and implications for road pricing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 41, 672–683. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.06.001>
  51. Borshchev, A., 2014. *The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod*

- Modeling with AnyLogic 6. Lightning Source Inc, Chicago.
52. Borshchev, A., Filippov, A., 2004. From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools, in: Proceedings of the 22nd International Conference of the System Dynamics Society. Citeseer.
  53. Bottom, J.A., 2000. Consistent anticipatory route guidance (Thesis). Massachusetts Institute of Technology.
  54. Brailsford, S., Hilton, N., 2001. A comparison of discrete event simulation and system dynamics for modelling health care systems.
  55. Brunetta, L., Righi, L., Andreatta, G., 1999. An operations research model for the evaluation of an airport terminal: SLAM (simple landside aggregate model). *Journal of Air Transport Management* 5, 161–175. [https://doi.org/10.1016/S0969-6997\(99\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S0969-6997(99)00010-1)
  56. Budd, L., Vorley, T., 2013. Airlines, apps, and business travel: a critical examination. *Research in Transportation Business & Management, International Business Travel* 9, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2013.08.004>
  57. Buhalis, D., 2004. eAirlines: strategic and tactical use of ICTs in the airline industry. *Information & Management* 41, 805–825. <https://doi.org/10.1016/j.im.2003.08.015>
  58. Burnetas, A., Economou, A., Vasiliadis, G., 2017. Strategic customer behavior in a queueing system with delayed observations. *Queueing Syst* 86, 389–418. <https://doi.org/10.1007/s11134-017-9522-5>
  59. Burstedde, C., Klauck, K., Schadschneider, A., Zittartz, J., 2001. Simulation of pedestrian dynamics using a two-dimensional cellular automaton. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 295, 507–525. [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(01\)00141-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(01)00141-8)
  60. Carattin, E., Tatano, V., Zanut, S., 2010. Analisi dei sistemi di orientamento spaziale e wayfinding per il progetto di ambienti a elevata complessità ambientale. Presented at the Convegno Ricerche ISTeA per

- l'ingegneria dell'architettura, Isola d'Elba.
61. Castillo-Manzano, J.I., 2010. Determinants of commercial revenues at airports: Lessons learned from Spanish regional airports. *Tourism Management* 31, 788–796. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.08.005>
  62. Castillo-Manzano, J.I., López-Valpuesta, L., 2013a. Check-in services and passenger behaviour: Self service technologies in airport systems. *Computers in Human Behavior* 29, 2431–2437. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.05.030>
  63. Castillo-Manzano, J.I., López-Valpuesta, L., 2013b. Analysing passenger behaviour towards the catering industry: Implications for airport management. *International Journal of Hospitality Management* 35, 258–260. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2013.06.010>
  64. Center for History and New Media, n.d. Cenni preliminari [WWW Document]. URL [http://zotero.org/support/quick\\_start\\_guide](http://zotero.org/support/quick_start_guide)
  65. Chan, N.L., Guillet, B.D., 2011. Investigation of Social Media Marketing: How Does the Hotel Industry in Hong Kong Perform in Marketing on Social Media Websites? *Journal of Travel & Tourism Marketing* 28, 345–368. <https://doi.org/10.1080/10548408.2011.571571>
  66. Chang, S., 2006. Are they willing to contribute? Prosumer characteristics among the Australian youth, in: *Digital Natives in Australia and Korea Presented at the Conference of Melbourne*. Melbourne, Australia.
  67. Cheng, L., 2014. Modelling airport passenger group dynamics using an agent-based method (Thesis). Queensland University of Technology.
  68. Cherchi, E., 2012. Modelling individual preferences, state of the art, recent advances and future directions. *Travel Behaviour Research in an Evolving World*.
  69. Choo, S., Mokhtarian, P.L., 2004. What type of vehicle do people drive? The role of attitude and lifestyle in influencing vehicle type choice. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 38, 201–222. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2003.10.005>

70. Choocharukul, K., Van, H.T., Fujii, S., 2008. Psychological effects of travel behavior on preference of residential location choice. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 42, 116–124.  
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2007.06.008>
71. Chorus, C.G., Molin, E.J., van Wee, B., 2006. Travel information as an instrument to change car-drivers' travel choices: a literature review. *European Journal of Transport and Infrastructure Research* 6, 335–364.
72. Chung, Y.-S., Wu, C.-L., Chiang, W.-E., 2013. Air passengers' shopping motivation and information seeking behaviour. *Journal of Air Transport Management* 27, 25–28. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2012.11.006>
73. Churchill, A., Dada, E., de Barros, A.G., Wirasinghe, S.C., 2008. Quantifying and validating measures of airport terminal wayfinding. *Journal of Air Transport Management* 14, 151–158.  
<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2008.03.005>
74. Ciolek, M.T., 1978. Spatial behavior in pedestrian areas. *Ekistics* 45, 120–122.
75. Claridge, P., 2013. A Statistical Analysis of the Social Media Impact of American Airlines' Rebranding. *SimpliFlying*.
76. Colombo, R.M., Garavello, M., Lécureux-Mercier, M., 2012. A class of nonlocal models for pedestrian traffic. *Math. Models Methods Appl. Sci.* 22, 1150023. <https://doi.org/10.1142/S0218202511500230>
77. Colombo, R.M., Rosini, M.D., 2005. Pedestrian flows and non-classical shocks. *Math. Meth. Appl. Sci.* 28, 1553–1567.  
<https://doi.org/10.1002/mma.624>
78. Colonia-Willner, R., 2004. Self-service systems: new methodology reveals customer real-time actions during merger. *Computers in Human Behavior, The Compass of Human-Computer Interaction* 20, 243–267.  
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2003.10.017>
79. Comparison of agent-based modeling software, 2018. . Wikipedia.
80. Correa, T., Hinsley, A.W., de Zúñiga, H.G., 2010. Who interacts on the

- Web?: The intersection of users' personality and social media use. *Computers in Human Behavior* 26, 247–253. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2009.09.003>
81. Crawford, G., Melewar, T.C., 2003. The importance of impulse purchasing behaviour in the international airport environment. *Journal of Consumer Behaviour* 3, 85–98. <https://doi.org/10.1002/cb.124>
  82. Cristiani, E., Piccoli, B., Tosin, A., 2014. An Overview of the Modeling of Crowd Dynamics, in: *Multiscale Modeling of Pedestrian Dynamics*, MS&A. Springer, Cham, pp. 73–107. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-06620-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-06620-2_4)
  83. Crooks, A., Croitoru, A., Lu, X., Wise, S., Irvine, J.M., Stefanidis, A., 2015. Walk This Way: Improving Pedestrian Agent-Based Models through Scene Activity Analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 4, 1627–1656. <https://doi.org/10.3390/ijgi4031627>
  84. Cui, S., Veeraraghavan, S., 2016. Blind Queues: The Impact of Consumer Beliefs on Revenues and Congestion. *Management Science* 62, 3656–3672. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2015.2320>
  85. Cunningham, L.F., Young, C.E., Gerlach, J.H., 2008. Consumer views of self-service technologies. *The Service Industries Journal* 28, 719–732. <https://doi.org/10.1080/02642060801988522>
  86. Curcio, D., Longo, F., Mirabelli, G., Pappoff, E., 2007. Passengers flow analysis and security issues in airport terminals using modeling & simulation, in: *European Conference on Modeling & Simulation*, Praga-Repubblica Ceca. pp. 4–6.
  87. Czogalla, O., Herrmann, A., 2011. Parameters determining route choice in pedestrian networks, in: *TRB 90th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*. Washington, DC. pp. 23–27.
  88. Daamen, W., 2004. Modelling passenger flows in public transport facilities.
  89. Daamen, W., Hoogendoorn, S., 2003. Experimental Research of Pedestrian

- Walking Behavior. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1828, 20–30. <https://doi.org/10.3141/1828-03>
90. Dannewald, T., Paulssen, M., Temme, D., Walker, J., 2007. Hybrid Choice Models : Estimation Using Canned SEM Software 11.
91. Deadman, P., Gimblett, R.H., 1994. A role for goal-oriented autonomous agents in modeling people-environment interactions in forest recreation. *Mathematical and Computer Modelling* 20, 121–133. [https://doi.org/10.1016/0895-7177\(94\)90236-4](https://doi.org/10.1016/0895-7177(94)90236-4)
92. Deflorio, F.P., 2003. Evaluation of a reactive dynamic route guidance strategy. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 11, 375–388. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(03\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(03)00031-7)
93. Dell’Orco, M., Kikuchi, S., 2005. A Mathematical Model for Evaluation of Information Effects in ATIS (Advanced Traveler Information Systems) Environment, in: *Soft Computing: Methodologies and Applications*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 53–70. [https://doi.org/10.1007/3-540-32400-3\\_5](https://doi.org/10.1007/3-540-32400-3_5)
94. DFW INTERNATIONAL AIRPORT, TX, 2009. DFW International Airport Debuts Mobile Web Site [WWW Document]. [dfwairport.com](http://dfwairport.com) - Press Room. URL <http://dfwairport.mediaroom.com/DFW-International-Airport-Debuts-Mobile-Web-Site> (accessed 1.31.18).
95. Di Pace, R., 2008. Analytical Tools for ATIS (Strumenti Analitici per Applicazioni ATIS) [WWW Document]. <https://doi.org/10.6092/UNINA/FEDOA/3250>
96. Dijkstra, J., Jessurun, J., Timmermans, H.J., others, 2001. A multi-agent cellular automata model of pedestrian movement. *Pedestrian and evacuation dynamics* 173–181.
97. DiNucci, D., n.d. *Fragmented future*.
98. Divol, R., Edelman, D., Sarrazin, H., n.d. *Demystifying social media* | McKinsey & Company [WWW Document]. URL

- <https://www.mckinsey.com/business-functions/marketing-and-sales/our-insights/demystifying-social-media> (accessed 1.31.18).
99. Dobson, G., Pinker, E.J., 2006. The value of sharing lead time information. *IIE Transactions* 38, 171–183.  
<https://doi.org/10.1080/07408170500436930>
100. Doganis, P.R., 2005. *The Airport Business*. Routledge.
101. Doganis, R., 2009. *Flying Off Course IV: Airline Economics and Marketing*. Routledge.
102. Domarchi, C., Tudela, A., González, A., 2008. Effect of attitudes, habit and affective appraisal on mode choice: an application to university workers. *Transportation* 35, 585–599. <https://doi.org/10.1007/s11116-008-9168-6>
103. Drennen, H., 2011. Self service technology in airports and the customer experience.
104. Dunay, P., Krueger, R., Elad, J., 2010. *Facebook Advertising For Dummies*. John Wiley & Sons.
105. Dwivedi, M., Yadav, A., Venkatesh, U., 2011. Use of Social Media by National Tourism Organizations: A Preliminary Analysis. *Information Technology & Tourism* 13, 93–103.  
<https://doi.org/10.3727/109830512X13258778487353>
106. Economou, A., Kanta, S., 2008. Optimal balking strategies and pricing for the single server Markovian queue with compartmented waiting space. *Queueing Syst* 59, 237. <https://doi.org/10.1007/s11134-008-9083-8>
107. Edelson, N.M., Hilderbrand, D.K., 1975. Congestion tolls for Poisson queuing processes. *Econometrica: Journal of the Econometric Society* 81–92.
108. El Helou, R., 2016. *Agent-Based Modelling of Pedestrian Microscopic Interactions*. The Ohio State University.
109. Elrod, T., 1997. Obtaining product-market maps from preference data, in: *SAWTOOTH SOFTWARE CONFERENCE*. Citeseer, p. 275.

110. Emmerink, R.H.M., Axhausen, K.W., Nijkamp, P., Rietveld, P., 1995. Effects of information in road transport networks with recurrent congestion. *Transportation* 22, 21–53. <https://doi.org/10.1007/BF01151617>
111. Etikyala, R., 2014. Pedestrian Flow Models.
112. Ettema, D., Timmermans, H., 2006. Costs of travel time uncertainty and benefits of travel time information: Conceptual model and numerical examples. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 14, 335–350. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2006.09.001>
113. Farmer, J.D., Foley, D., 2009. The economy needs agent-based modelling [WWW Document]. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/460685a>
114. Fewings, R., 2001. Wayfinding and Airport Terminal Design. *The Journal of Navigation* 54, 177–184. <https://doi.org/10.1017/S0373463301001369>
115. Fonseca i Casas, P., Casanovas, J., Ferran, X., 2014. Passenger flow simulation in a hub airport: An application to the Barcelona International Airport. *Simulation Modelling Practice and Theory* 44, 78–94. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2014.03.008>
116. Franklin, S., Graesser, A., 1996. Is It an agent, or just a program?: A taxonomy for autonomous agents, in: *Intelligent Agents III Agent Theories, Architectures, and Languages*. Presented at the International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 21–35. <https://doi.org/10.1007/BFb0013570>
117. Freathy, P., O’Connell, F., 2012. Spending time, spending money: passenger segmentation in an international airport. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research* 22, 397–416. <https://doi.org/10.1080/09593969.2012.690778>
118. Freivalde, L., Lace, L., 2008. Improvement of passenger flow management in an airport terminal, in: *Proc. 5th International Scientific Conference on Business and Management, BM*. pp. 659–664.
119. Fruin, J., 1970. Designing for Pedestrians. *A Level of Service*

- Concept. Polytechnical Institute of Brooklyn (PhD Thesis). Ph. D.
120. Fuerstenberg, K.C., Dietmayer, K.C.J., Willhoeft, V., 2002. Pedestrian recognition in urban traffic using a vehicle based multilayer laserscanner, in: IEEE Intelligent Vehicle Symposium, 2002. Presented at the IEEE Intelligent Vehicle Symposium, 2002, pp. 31–35 vol.1. <https://doi.org/10.1109/IVS.2002.1187923>
121. Gärling, T., Axhausen, K.W., 2003. Introduction: Habitual travel choice. *Transportation* 30, 1–11. <https://doi.org/10.1023/A:1021230223001>
122. Gatersleben, M.R., Weij, S.W.V. der, 1999. Analysis and simulation of passenger flows in an airport terminal, in: Simulation Conference Proceedings, 1999 Winter. Presented at the Simulation Conference Proceedings, 1999 Winter, pp. 1226–1231 vol.2. <https://doi.org/10.1109/WSC.1999.816845>
123. Gelderman, C.J., Ghijssen, P.W.T., van Diemen, R., 2011. Choosing self-service technologies or interpersonal services—The impact of situational factors and technology-related attitudes. *Journal of Retailing and Consumer Services* 18, 414–421. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2011.06.003>
124. Geuens, M., Vantomme, D., Brengman, M., 2004. Developing a typology of airport shoppers. *Tourism Management* 25, 615–622. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2003.07.003>
125. Gipps, P.G., Marksjö, B., 1985. A micro-simulation model for pedestrian flows. *Mathematics and Computers in Simulation* 27, 95–105. [https://doi.org/10.1016/0378-4754\(85\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0378-4754(85)90027-8)
126. Global Industry Analyst, 2018. Wearable Electronics Market Trends [WWW Document]. URL [http://www.strategyr.com/MarketResearch/Wearable\\_Electronics\\_Market\\_Trends.asp](http://www.strategyr.com/MarketResearch/Wearable_Electronics_Market_Trends.asp) (accessed 1.31.18).
127. Goldspink, C., others, 2000. Modelling social systems as complex: Towards a social simulation meta-model. *Journal of Artificial Societies*

- and Social Simulation 3, 1–23.
128. Golob, T.F., 2003. Structural equation modeling for travel behavior research. *Transportation Research Part B: Methodological* 37, 1–25. [https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(01\)00046-7](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(01)00046-7)
129. Golob, T.F., Hensher, D.A., 1998. Greenhouse gas emissions and australian commuters' attitudes and behavior concerning abatement policies and personal involvement. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 3, 1–18. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00006-0](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00006-0)
130. Golob, T.F., Kitamura, R., Supernak, J., 1997. A Panel-Based Evaluation of the San Diego I-15 Carpool Lanes Project, in: *Panels for Transportation Planning*. Springer, Boston, MA, pp. 97–128. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2642-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2642-8_4)
131. Graham, A., 2013. *Managing Airports 4th Edition: An International Perspective*. Routledge.
132. Graham, A., 2008. *Managing Airports, Third Edition: An International Perspective*, 3 edition. ed. Routledge, Amsterdam.
133. Greenwald, M., Boarnet, M., 2001. Built Environment as Determinant of Walking Behavior: Analyzing Nonwork Pedestrian Travel in Portland, Oregon. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1780, 33–41. <https://doi.org/10.3141/1780-05>
134. Guen, L., 2013. Airport Marketing Exchange: Thinking differently with Warsaw Chopin #AirportMarketingX. *SimpliFlying*.
135. Guizzi, G., Murino, T., Romano, E., 2009. A discrete event simulation to model passenger flow in the airport terminal. *Mathematical methods and applied computing* 2, 427–434.
136. Gunelius, S., 2010. *30-Minute Social Media Marketing: Step-by-step Techniques to Spread the Word About Your Business*, 1 edition. ed. McGraw-Hill Education, New York.

137. Guo, P., Zipkin, P., 2009. The effects of the availability of waiting-time information on a balking queue. *European Journal of Operational Research* 198, 199–209. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.07.035>
138. Guo, P., Zipkin, P., 2007. Analysis and Comparison of Queues with Different Levels of Delay Information. *Management Science* 53, 962–970. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1060.0686>
139. Guo, Z., Srinivasan, K., 2005. Investigating the Effect of User Behavior Factors and Transportation Control Measures on Day-to-Day Network Evolution and Trip Time Reliability. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1926, 152–161. <https://doi.org/10.3141/1926-18>
140. Halpern, N., 2012. Use of social media by airports. *Journal of Airline and Airport Management* 2, 67–85.
141. Halpern, N., Graham, A., 2013a. *Airport Marketing*. Routledge.
142. Halpern, N., Graham, A., 2013b. *Airport Marketing*, 1 edition. ed. Routledge, London ; New York.
143. Halpern, N., Pagliari, R., 2007. Governance structures and the market orientation of airports in Europe's peripheral areas. *Journal of Air Transport Management* 13, 376–382.
144. Halpern, N., Regmi, U., 2011. What's in a name? Analysis of airport brand names and slogans. *Journal of Airport Management* 6, 63–79.
145. Halpern, N., Regmi, U.K., 2013. Content analysis of European airport websites. *Journal of Air Transport Management* 26, 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2012.08.006>
146. Harney, D., 2002. Pedestrian modelling: current methods and future directions. *Road & Transport Research* 11, 38.
147. Hassan, F.H., 2013. Heuristic search methods and cellular automata modelling for layout design (PhD Thesis). Brunel University, School of Information Systems, Computing and Mathematics.
148. Hassin, R., 2016. *Rational Queueing*. CRC Press.

- 
149. Hassin, R., Haviv, M., 2003. To Queue or Not to Queue: Equilibrium Behavior in Queueing Systems. Springer Science & Business Media.
150. Hassin, R., Koshman, A., 2014. Optimal Control of a Queue with High-low Delay Announcements: The Significance of the Queue, in: Proceedings of the 8th International Conference on Performance Evaluation Methodologies and Tools. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), ICST, Brussels, Belgium, Belgium, pp. 233–240.  
<https://doi.org/10.4108/icst.valuetools.2014.258190>
151. Hato, E., Taniguchi, M., Sugie, Y., Kuwahara, M., Morita, H., 1999. Incorporating an information acquisition process into a route choice model with multiple information sources. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 7, 109–129. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(99\)00015-7](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(99)00015-7)
152. Hayes-Roth, B., 1995. An architecture for adaptive intelligent systems. *Artificial Intelligence* 72, 329–365. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(94\)00004-K](https://doi.org/10.1016/0004-3702(94)00004-K)
153. Heathington, K.W., Worrall, R.D., Hoff, G.C., 1971. ATTITUDES AND BEHAVIOR OF DRIVERS REGARDING ROUTE DIVERSION, in: Highway Research Record. Presented at the 50th Annual Meeting of the Highway Research Board Highway Research Board. Task Force on Effect of Studded Tires.
154. Helbing, D., 1998. A Fluid Dynamic Model for the Movement of Pedestrians. *arXiv:cond-mat/9805213*.
155. Helbing, D., 1993. Boltzmann-like and Boltzmann-Fokker-Planck equations as a foundation of behavioral models. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 196, 546–573.  
[https://doi.org/10.1016/0378-4371\(93\)90034-2](https://doi.org/10.1016/0378-4371(93)90034-2)
156. Helbing, D., Johansson, A., Al-Abideen, H.Z., 2007. Dynamics of

- crowd disasters: An empirical study. *Phys. Rev. E* 75, 046109.  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.75.046109>
157. Helbing, D., Molnár, P., 1995. Social force model for pedestrian dynamics. *Phys. Rev. E* 51, 4282–4286.  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.51.4282>
158. Helbing, D., Molnár, P., Farkas, I.J., Bolay, K., 2001. Self-Organizing Pedestrian Movement. *Environ Plann B Plann Des* 28, 361–383. <https://doi.org/10.1068/b2697>
159. Henderson, L.F., 1974. On the fluid mechanics of human crowd motion. *Transportation Research* 8, 509–515. [https://doi.org/10.1016/0041-1647\(74\)90027-6](https://doi.org/10.1016/0041-1647(74)90027-6)
160. Henderson, L.F., 1971. The Statistics of Crowd Fluids. *Nature* 229, 381–383. <https://doi.org/10.1038/229381a0>
161. Hogarth, R.M., 1987. *Judgement and choice: The psychology of decision.*
162. Holguín-Veras, J., Preziosi, M., 2011. Behavioral investigation on the factors that determine adoption of an electronic toll collection system: Passenger car users. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 19, 498–509. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2010.07.005>
163. Holguín-Veras, J., Wang, Q., 2011. Behavioral investigation on the factors that determine adoption of an electronic toll collection system: Freight carriers. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 19, 593–605. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2010.09.010>
164. Hoogendoorn, S.P., 2001. Normative pedestrian flow behavior theory and applications. LVV rapport, VK 2001.002.
165. Hoogendoorn, S.P., Bovy, P.H.L., 2004. Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models. *Transportation Research Part B: Methodological* 38, 169–190. [https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(03\)00007-9](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(03)00007-9)
166. Hoogendoorn, S.P., Bovy, P.H.L., 2002. Normative Pedestrian

- Behaviour Theory and Modelling, in: *Transportation and Traffic Theory in the 21st Century*. Emerald Group Publishing Limited, pp. 219–245.  
<https://doi.org/10.1108/9780585474601-012>
167. Hsu, Y.-L., 2012. Facebook as international eMarketing strategy of Taiwan hotels. *International Journal of Hospitality Management* 31, 972–980. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2011.11.005>
168. Hu, M., Li, Y., Wang, J., 2017. Efficient Ignorance: Information Heterogeneity in a Queue. *Management Science*.  
<https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2747>
169. Huchingson, R.D., McNeese, R.W., Dudek, C.L., 1977. SURVEY OF MOTORIST ROUTE-SELECTION CRITERIA (ABRIDGMENT), in: *Transportation Research Record*. Presented at the 56th Annual Meeting of the Transportation Research Board.
170. Hughes, R.L., 2002. A continuum theory for the flow of pedestrians. *Transportation Research Part B: Methodological* 36, 507–535.  
[https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(01\)00015-7](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(01)00015-7)
171. Hvass, K.A., Munar, A.M., 2012. The takeoff of social media in tourism. *Journal of Vacation Marketing* 18, 93–103.  
<https://doi.org/10.1177/1356766711435978>
172. IATA, 2004. *Airport Development Reference Manual*.
173. Jakobsson, C., Fujii, S., Gärling, T., 2000. Determinants of private car users' acceptance of road pricing. *Transport Policy* 7, 153–158.  
[https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(00\)00005-6](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(00)00005-6)
174. Jarach, D., 2002. The digitalisation of market relationships in the airline business: the impact and prospects of e-business. *Journal of Air Transport Management* 8, 115–120. [https://doi.org/10.1016/S0969-6997\(01\)00039-4](https://doi.org/10.1016/S0969-6997(01)00039-4)
175. Jayakrishnan, R., Mahmassani, H.S., Hu, T.-Y., 1994. An evaluation tool for advanced traffic information and management systems in urban networks. *Transportation Research Part C: Emerging*

- Technologies 2, 129–147. [https://doi.org/10.1016/0968-090X\(94\)90005-1](https://doi.org/10.1016/0968-090X(94)90005-1)
176. Jennings, N.R., Sycara, K., Wooldridge, M., 1998. A Roadmap of Agent Research and Development. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 1, 7–38. <https://doi.org/10.1023/A:1010090405266>
177. Jennings, N.R., Wooldridge, M., 1998. Applications of Intelligent Agents, in: *Agent Technology*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 3–28. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-03678-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-03678-5_1)
178. Jha, M., Madanat, S., Peeta, S., 1998. Perception updating and day-to-day travel choice dynamics in traffic networks with information provision. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 6, 189–212. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(98\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(98)00015-1)
179. Jiang, Y., Zhang, P., 2012. Modeling and simulation of pedestrian flow through hydrodynamics. *Procedia Engineering, International Conference on Advances in Computational Modeling and Simulation* 31, 1039–1044. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1139>
180. Jiang, Y., Zhang, P., Wong, S.C., Liu, R., 2010. A higher-order macroscopic model for pedestrian flows. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 389, 4623–4635. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2010.05.003>
181. Joskowicz, L., 1989. Simplification and Abstraction of Kinematic Behaviors, in: *Proceedings of the 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence - Volume 2, IJCAI'89*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, pp. 1337–1342.
182. Jouini, O., Akşin, Z., Dallery, Y., 2011. Call Centers with Delay Information: Models and Insights. *M&SOM* 13, 534–548. <https://doi.org/10.1287/msom.1110.0339>
183. Joustra, P.E., Van Dijk, N.M., 2001. Simulation of Check-in at Airports, in: *Proceedings of the 33Nd Conference on Winter Simulation*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 1023–1028.
184. Kalakou, S., Moura, F., 2015. Modelling Passengers' Activity

- Choice in Airport Terminal before the Security Checkpoint: The Case of Portela Airport in Lisbon. *Transportation Research Procedia* 10, 881–890. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.041>
185. Kalakou, S., Moura, F., 2014. Effects of terminal planning on passenger choices, in: 14th Swiss Transport Research Conference (STRC), Monte Verità, Ascona, Switzerland.
186. Kaplan, A.M., Haenlein, M., 2010. Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business horizons* 53, 59–68.
187. Kennedy, G., Dalgarno, B., Gray, K., Judd, T., Waycott, J., Bennett, S., Maton, K., Krause, K.-L., Bishop, A., Chang, R., Churchwood, A., 2007. The Net Generation are not big users of Web 2.0 technologies: preliminary findings. *Faculty of Education - Papers (Archive)* 517–525.
188. Khang, H., Ki, E.-J., Ye, L., 2012. Social Media Research in Advertising, Communication, Marketing, and Public Relations, 1997–2010. *Journalism & Mass Communication Quarterly* 89, 279–298. <https://doi.org/10.1177/1077699012439853>
189. Khattak, A.J., Schofer, J.L., Koppelman, F.S., 1993. Commuters' enroute diversion and return decisions: Analysis and implications for advanced traveler information systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 27, 101–111. [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(93\)90066-T](https://doi.org/10.1016/0965-8564(93)90066-T)
190. Kholoshevnikov, V.V., Shields, T.J., Boyce, K.E., Samoshin, D.A., 2008. Recent developments in pedestrian flow theory and research in Russia. *Fire Safety Journal* 43, 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.05.005>
191. Kim, B., Kim, J., 2017. Optimal information disclosure policies in a strategic queueing model. *Operations Research Letters* 45, 181–186. <https://doi.org/10.1016/j.orl.2017.02.003>

192. Kitamura, R., Jovanis, P., Abdel-Aty, M., Vaughn, K., Reddy, P., 1995. ATIS Impacts on Driver Behavior: A Synthesis Report Toward the Development and Implementation of ATIS, . California PATH Reports to Caltrans, 95f-C6.
193. Kızıyıld, R.K., Karasahin, M., 2008. The capacity analysis of the check-in unit of Antalya Airport using the fuzzy logic method. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 42, 610–619. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.01.004>
194. Klügl, F., 2008. A Validation Methodology for Agent-based Simulations, in: *Proceedings of the 2008 ACM Symposium on Applied Computing*. ACM, New York, NY, USA, pp. 39–43. <https://doi.org/10.1145/1363686.1363696>
195. Klügl, F., Rindsfuser, G., 2007. Large-Scale Agent-Based Pedestrian Simulation, in: *Multiagent System Technologies*. Presented at the German Conference on Multiagent System Technologies, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 145–156. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74949-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74949-3_13)
196. Koppelman, F.S., Hauser, J.R., 1978. DESTINATION CHOICE BEHAVIOR FOR NON-GROCERY-SHOPPING TRIPS. *Transportation Research Record*.
197. Kormanová, A., 2014. A review on macroscopic pedestrian flow modelling. *Acta Informatica Pragensia* 2, 39–50.
198. Köster, G., Seitz, M., Treml, F., Hartmann, D., Klein, W., 2011. On modelling the influence of group formations in a crowd. *Contemporary Social Science* 6, 397–414. <https://doi.org/10.1080/21582041.2011.619867>
199. Kountouriotis, V., Thomopoulos, S.C.A., Papelis, Y., 2014. An agent-based crowd behaviour model for real time crowd behaviour simulation. *Pattern Recognition Letters, Pattern Recognition and Crowd Analysis* 44, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2013.10.024>
200. Kurose, S., Borgers, A.W.J., Timmermans, H.J.P., 2001.

- Classifying Pedestrian Shopping Behaviour According to Implied Heuristic Choice Rules. *Environ Plann B Plann Des* 28, 405–418. <https://doi.org/10.1068/b2622>
201. Landis, B., Vattikuti, V., Ottenberg, R., McLeod, D., Guttenplan, M., 2001. Modeling the Roadside Walking Environment: Pedestrian Level of Service. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1773, 82–88. <https://doi.org/10.3141/1773-10>
202. Laningham, S., 2006. developerWorks Interviews: Tim Berners-Lee [WWW Document]. URL <https://www.ibm.com/developerworks/podcast/dwi/cm-int082206txt.html> (accessed 1.31.18).
203. Law, A.M., Kelton, W.D., 2000. *Simulation Modelling and Analysis*, 3rd edition. ed. McGraw Hill Higher Education, Boston.
204. Lee, A.M., Longton, P.A., 1959. Queueing Processes Associated with Airline Passenger Check-in. *Journal of the Operational Research Society* 10, 56–71. <https://doi.org/10.1057/jors.1959.5>
205. Lemer, A.C., 1988. MEASURING AIRPORT LANDSIDE CAPACITY. *Transportation Research Record*.
206. Leung, D., Law, R., Hoof, H. van, Buhalis, D., 2013. Social Media in Tourism and Hospitality: A Literature Review. *Journal of Travel & Tourism Marketing* 30, 3–22. <https://doi.org/10.1080/10548408.2013.750919>
207. Leung, R., Schuckert, M., Yeung, E., 2013. Attracting User Social Media Engagement: A Study of Three Budget Airlines Facebook Pages, in: *Information and Communication Technologies in Tourism 2013*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 195–206. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-36309-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-642-36309-2_17)
208. Levine, J., Park, S., Wallace, R., Underwood, S., 1999. Public Choice in Transit Organization and Finance: The Structure of Support. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research*

- Board 1669, 87–95. <https://doi.org/10.3141/1669-11>
209. Lewin, K., 1951. Field theory in social science: selected theoretical papers (Edited by Dorwin Cartwright.).
210. Li, C., 2014. A tale of two social networking sites: How the use of Facebook and Renren influences Chinese consumers' attitudes toward product packages with different cultural symbols. *Computers in Human Behavior* 32, 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.12.004>
211. Li, J.P., 2000. Train Station Passenger Flow Study, in: Proceedings of the 32Nd Conference on Winter Simulation, WSC '00. Society for Computer Simulation International, San Diego, CA, USA, pp. 1173–1173.
212. Li, S.G., 2004. The determination of the endogenous market penetration and compliance rate of advanced traveler information systems. *Transport* 19, 162–170. <https://doi.org/10.1080/16484142.2004.9637970>
213. Li, X., Wang, Y., 2011. China in the Eyes of Western Travelers as Represented in Travel Blogs. *Journal of Travel & Tourism Marketing* 28, 689–719. <https://doi.org/10.1080/10548408.2011.615245>
214. Liébana-Cabanillas, F., Sánchez-Fernández, J., Muñoz-Leiva, F., 2014. The moderating effect of experience in the adoption of mobile payment tools in Virtual Social Networks: The m-Payment Acceptance Model in Virtual Social Networks (MPAM-VSN). *International Journal of Information Management* 34, 151–166. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2013.12.006>
215. Lighthill, M.J., S, F.R., Whitham, G.B., 1955. On kinematic waves II. A theory of traffic flow on long crowded roads. *Proc. R. Soc. Lond. A* 229, 317–345. <https://doi.org/10.1098/rspa.1955.0089>
216. Lighthouse, 2018. Indoor Location Technologies Compared: GPS, WiFi, iBeacon; RFID.
217. Likert, R., 1932. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*.
218. Liljander, V., Gillberg, F., Gummerus, J., van Riel, A., 2006.

- Technology readiness and the evaluation and adoption of self-service technologies. *Journal of Retailing and Consumer Services* 13, 177–191. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2005.08.004>
219. Lin, J.-S.C., Hsieh, P.-L., 2007. The influence of technology readiness on satisfaction and behavioral intentions toward self-service technologies - ScienceDirect. *Computers in Human Behavior* 23, 1597–1615. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2005.07.006>
220. Lin, Y.-H., Chen, C.-F., 2013. Passengers' shopping motivations and commercial activities at airports – The moderating effects of time pressure and impulse buying tendency. *Tourism Management* 36, 426–434. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2012.09.017>
221. Lipsman, A., Mudd, G., Rich, M., Bruich, S., 2012. The Power of “Like”: How Brands Reach (and Influence) Fans Through Social-Media Marketing. *Journal of Advertising Research* 52, 40–52. <https://doi.org/10.2501/JAR-52-1-040-052>
222. Liu, X., Usher, J.M., Strawderman, L., 2014. An analysis of activity scheduling behavior of airport travelers. *Computers & Industrial Engineering* 74, 208–218. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.05.016>
223. Livingstone, A., Popovic, V., Kraal, B.J., Kirk, P.J., 2012. Understanding the airport passenger landside retail experience, in: Israsena, P., Tangsantikul, J., Durling, D. (Eds.), *DRS 2012 Bangkok – Research: Uncertainty, Contradiction and Value*. Presented at the DRS 2012 Bangkok – Research : Uncertainty, Contradiction and Value, Department of Industrial Design, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Chulalongkorn University, Bangkok.
224. Lo, H.K., Szeto, W.Y., 2004. Modeling advanced traveler information services: static versus dynamic paradigms. *Transportation Research Part B: Methodological* 38, 495–515. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2003.06.001>
225. Lo, H.K., Szeto, W.Y., 2002. A methodology for sustainable

- traveler information services. *Transportation Research Part B: Methodological* 36, 113–130. [https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(00\)00040-0](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(00)00040-0)
226. Løvås, G.G., 1994. Modeling and simulation of pedestrian traffic flow. *Transportation Research Part B: Methodological* 28, 429–443. [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(94\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0191-2615(94)90013-2)
227. Lu, J.-L., 2014. Investigating factors that influence passengers' shopping intentions at airports – Evidence from Taiwan. *Journal of Air Transport Management* 35, 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2013.11.009>
228. Ma, W., 2013. Agent-based model of passenger flows in airport terminals (PhD Thesis). Queensland University of Technology.
229. Macal, C., North, M., 2014. Introductory Tutorial: Agent-based Modeling and Simulation, in: *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference*. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, pp. 6–20.
230. Macal, C.M., North, M.J., 2010. Tutorial on agent-based modelling and simulation. *J Simulation* 4, 151–162. <https://doi.org/10.1057/jos.2010.3>
231. Macal, C.M., North, M.J., 2006. Tutorial on Agent-based Modeling and Simulation Part 2: How to Model with Agents, in: *Proceedings of the 38th Conference on Winter Simulation*. Winter Simulation Conference, Monterey, California, pp. 73–83.
232. Macal, C.M., North, M.J., 2005. Tutorial on agent-based modeling and simulation, in: *Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005*. Presented at the Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005., p. 14 pp.-. <https://doi.org/10.1109/WSC.2005.1574234>
233. Maes, P., 1995. Artificial Life Meets Entertainment: Lifelike Autonomous Agents. *Commun. ACM* 38, 108–114. <https://doi.org/10.1145/219717.219808>
234. Mahmassani, H.S., Liu, Y.-H., 1999. Dynamics of commuting

- decision behaviour under advanced traveller information systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 7, 91–107. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(99\)00014-5](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(99)00014-5)
235. Mahmassani, H.S., Peeta, S., 1995. System Optimal Dynamic Assignment for Electronic Route Guidance in a Congested Traffic Network, in: *Urban Traffic Networks*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 3–37. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-79641-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-79641-8_1)
236. Maidstone, R., 2012. Discrete event simulation, system dynamics and agent based simulation: Discussion and comparison. *System 1*.
237. Manataki, I.E., Zografos, K.G., 2009. A generic system dynamics based tool for airport terminal performance analysis. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 17, 428–443. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.02.001>
238. Manenti, L., Manzoni, S., Vizzari, G., Ohtsuka, K., Shimura, K., 2011. An Agent-Based Proxemic Model for Pedestrian and Group Dynamics: Motivations and First Experiments, in: *Multi-Agent-Based Simulation XII. Presented at the International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 74–89. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-28400-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-28400-7_6)
239. Mangold, W.G., Faulds, D.J., 2009. Social media: The new hybrid element of the promotion mix. *Business Horizons* 52, 357–365. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.03.002>
240. Maria, A., 1997. Introduction to Modeling and Simulation, in: *Proceedings of the 29th Conference on Winter Simulation, WSC '97*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 7–13. <https://doi.org/10.1145/268437.268440>
241. Markham, A., 2004. Internet communication as a tool for qualitative research., in: *Qualitative Research: Theory, Method and Practice*. SAGE, London, pp. 95–124.
242. Martin-Domingo, L., Martín, J.C., 2016. Airport mobile internet an

- innovation. *Journal of Air Transport Management* 55, 102–112.  
<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.05.002>
243. Maury, B., Roudneff-Chupin, A., Santambrogio, F., 2010. A macroscopic crowd motion model of gradient flow type. *Math. Models Methods Appl. Sci.* 20, 1787–1821.  
<https://doi.org/10.1142/S0218202510004799>
244. McCabe, L., Carberry, T., 1975. SIMULATION METHODS FOR AIRPORT FACILITIES, in: *Transportation Research Board Special Report. Presented at the Conference on Airport Landside Capacity* Transportation Systems Center Federal Aviation Administration U.S. Department of Transportation.
245. McCabe, L., Gorstein, M., 1982. Airport Landside. Volume II. The Airport Landside Simulation Model (ALSIM) Description and Users Guide. (No. DOT-TSC-FAA-82-4-2). TRANSPORTATION SYSTEMS CENTER CAMBRIDGE MA, TRANSPORTATION SYSTEMS CENTER CAMBRIDGE MA.
246. McFadden, D., 2000. Disaggregate behavioral travel demand  $\diamond$ s RUM side. *Travel behaviour research* 17–63.
247. McFadden, D., 1999. Rationality for Economists? *Journal of Risk and Uncertainty* 19, 73–105. <https://doi.org/10.1023/A:1007863007855>
248. McFadden, D., 1986. The Choice Theory Approach to Market Research. *Marketing Science* 5, 275–297.  
<https://doi.org/10.1287/mksc.5.4.275>
249. McMullen, D., 2013. [Interview] How Dublin Airport is re-thinking PR and marketing with social media - Paul O’Kane speaks his mind. *SimpliFlying*.
250. Meuter, M.L., Ostrom, A.L., Bitner, M.J., Roundtree, R., 2003. The influence of technology anxiety on consumer use and experiences with self-service technologies. *Journal of Business Research, Strategy in e-marketing* 56, 899–906. [https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(01\)00276-4](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(01)00276-4)

- 
251. Meuter, M.L., Ostrom, A.L., Roundtree, R.I., Bitner, M.J., 2000. Self-Service Technologies: Understanding Customer Satisfaction with Technology-Based Service Encounters. *Journal of Marketing* 64, 50–64. <https://doi.org/10.1509/jmkg.64.3.50.18024>
252. Michael Rodriguez, Peterson, R.M., Krishnan, V., 2012. Social Media's Influence on Business-to-Business Sales Performance. *Journal of Personal Selling & Sales Management* 32, 365–378. <https://doi.org/10.2753/PSS0885-3134320306>
253. Moghaddam, Z.R., Jeihani, M., 2017. The Effect of Travel Time Information, Reliability, and Level of Service on Driver Behavior Using a Driving Simulator. *Procedia Computer Science* 109, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.292>
254. Morecroft, J., Robinson, S., others, 2005. Explaining puzzling dynamics: comparing the use of system dynamics and discrete-event simulation, in: *Proceedings of the 23rd International Conference of the System Dynamics Society*. pp. 17–21.
255. Mōri, M., Tsukaguchi, H., 1987. A new method for evaluation of level of service in pedestrian facilities. *Transportation Research Part A: General* 21, 223–234. [https://doi.org/10.1016/0191-2607\(87\)90016-1](https://doi.org/10.1016/0191-2607(87)90016-1)
256. Morikawa, T., Ben-Akiva, M., McFadden, D., 1996. Incorporating psychometric data in econometric choice models. Working Paper.
257. Moussaïd, M., Garnier, S., Theraulaz, G., Helbing, D., 2009. Collective Information Processing and Pattern Formation in Swarms, Flocks, and Crowds. *Topics in Cognitive Science* 1, 469–497. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2009.01028.x>
258. Moussaïd, M., Perozo, N., Garnier, S., Helbing, D., Theraulaz, G., 2010. The walking behaviour of pedestrian social groups and its impact on crowd dynamics. *PloS one* 5, e10047.
259. Mumayiz, S.A., 1990. OVERVIEW OF AIRPORT TERMINAL SIMULATION MODELS. *Transportation Research Record*.

260. Munneke, M., 2014. The airport app of the future. *The Moodie Reports e-Zine* 138, 28–29.
261. Naor, P., 1969. The regulation of queue size by levying tolls. *Econometrica: journal of the Econometric Society* 15–24.
262. Neufville, R.L. de, Odoni, A.R., Belobaba, P., Reynolds, T.G., 2013. *Airport Systems, Second Edition: Planning, Design and Management*, 2 edition. ed. McGraw-Hill Education, New York.
263. Nigam, S., 2012. The Road Ahead for Airports and Social Media in 2013: real-time customer service, non-aeronautical revenues keys to success. *SimpliFlying*.
264. Nigam, S., Cook, R., Stark, C., 2011. Putting the joy back into the airport experience: Can social networking platforms make a genuine contribution to increasing commercial revenues and engaging customers? *Journal of Airport Management* 6, 7–11.
265. Nitzsche, C., 2013. Cellular automata modeling for pedestrian dynamics.
266. North, M.J., Macal, C.M., 2007. *Managing Business Complexity: Discovering Strategic Solutions with Agent-Based Modeling and Simulation*. Oxford University Press, USA.
267. Nwana, H.S., 1996. Software agents: an overview. *The Knowledge Engineering Review* 11, 205–244.  
<https://doi.org/10.1017/S026988890000789X>
268. Odoni, A.R., de Neufville, R., 1992. Passenger terminal design. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 26, 27–35.  
[https://doi.org/10.1016/0965-8564\(92\)90042-6](https://doi.org/10.1016/0965-8564(92)90042-6)
269. Oh, H., Jeong, M., Baloglu, S., 2013. Tourists' adoption of self-service technologies at resort hotels. *Journal of Business Research, International Tourism Behavior in Turbulent Times* 66, 692–699.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2011.09.005>
270. Okazaki, S., 1979a. A study of pedestrian movement in

- architectural space, part 1: Pedestrian movement by the application on of magnetic models. *Trans. of AIJ* 283, 111–119.
271. Okazaki, S., 1979b. A study of pedestrian movement in architectural space, Part 3: along the shortest path, taking fire, congestion and unrecognized space into account. *Trans. AIJ* 285, 137–147.
272. Okazaki, S., Hirose, M., 2009. Does gender affect media choice in travel information search? On the use of mobile Internet. *Tourism Management* 30, 794–804. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2008.12.012>
273. Okazaki, S., Matsushita, S., 1993. A study of simulation model for pedestrian movement with evacuation and queuing, in: *International Conference on Engineering for Crowd Safety*.
274. Olson, J.M., Zanna, M.P., 1993. Attitudes and Attitude Change. *Annual Review of Psychology* 44, 117–154. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.44.020193.001001>
275. O'Reilly, T., Battelle, J., 2009. *Web Squared: Web 2.0 Five Years On*. O'Reilly Media, Inc.
276. Ortúzar, J. de D., Hutt, G., 1984. La influencia de elementos subjetivos en funciones desagregadas de elección discreta. *Ingeniería de Sistemas* 4, 37–54.
277. Owen, C., 2013. *Selection of simulation tools for improving supply chain performance (phd)*. Aston University.
278. Özgün, O., Barlas, Y., 2009. Discrete vs. continuous simulation: When does it matter, in: *Proceedings of the 27th International Conference of the System Dynamics Society*. pp. 1–22.
279. Packard, N.H., Wolfram, S., 1985. Two-dimensional cellular automata. *J Stat Phys* 38, 901–946. <https://doi.org/10.1007/BF01010423>
280. Padgham, L., Winikoff, M., 2005. *Developing Intelligent Agent Systems: A Practical Guide*. John Wiley & Sons.
281. Pan, X., Han, C.S., Dauber, K., Law, K.H., 2007. A multi-agent based framework for the simulation of human and social behaviors during

- emergency evacuations. *AI & Soc* 22, 113–132.  
<https://doi.org/10.1007/s00146-007-0126-1>
282. Paris Aéroport, 2018. Paris Aéroport – Official on the App Store [WWW Document]. App Store. URL  
<https://itunes.apple.com/gb/app/paris-a%C3%A9roport-official/id322543617?mt=8> (accessed 1.31.18).
283. Parisi, D.R., Gilman, M., Moldovan, H., 2009. A modification of the Social Force Model can reproduce experimental data of pedestrian flows in normal conditions. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 388, 3600–3608. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2009.05.027>
284. Pedersen, D.M., 1998. Factors in Route Selection. *Percept Mot Skills* 86, 999–1006. <https://doi.org/10.2466/pms.1998.86.3.999>
285. Pegden, C.D., Alan, A., Pritsker, B., 1979. SLAM: simulation language for alternative modeling. *SIMULATION* 33, 145–157.  
<https://doi.org/10.1177/003754977903300502>
286. Pelechano, N., Allbeck, J.M., Badler, N.I., 2007. Controlling Individual Agents in High-density Crowd Simulation, in: *Proceedings of the 2007 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation*. Eurographics Association, Aire-la-Ville, Switzerland, Switzerland, pp. 99–108.
287. Pendergraft, D.R., Robertson, C.V., Shrader, S., 2004. Simulation of an airport passenger security system, in: *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004*. Presented at the Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004., p. 878.  
<https://doi.org/10.1109/WSC.2004.1371402>
288. Pendyala, R.M., Bhat, C.R., 2012. *Travel Behaviour Research in an Evolving World*. Lulu.com.
289. Penn, A., Turner, A., 2001. Space syntax based agent simulation.
290. Perng, S.-W., Chow, C.-C., Liao, W.-C., 2010. Analysis of shopping preference and satisfaction with airport retailing products.

- Journal of Air Transport Management 16, 279–283.  
<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2010.02.002>
291. Persaud, A., Azhar, I., 2012. Innovative mobile marketing via smartphones: Are consumers ready? *Marketing Intelligence & Plan* 30, 418–443. <https://doi.org/10.1108/02634501211231883>
292. Phelan, S.E., 2001. What Is Complexity Science, Really? *Emergence* 3, 120–136. [https://doi.org/10.1207/S15327000EM0301\\_08](https://doi.org/10.1207/S15327000EM0301_08)
293. Piccoli, B., Tosin, A., 2009. Pedestrian flows in bounded domains with obstacles. *Continuum Mech. Thermodyn.* 21, 85–107.  
<https://doi.org/10.1007/s00161-009-0100-x>
294. Pitzer, J.W., Garcha, K., Buss, C., Ju, S., Carver, R., 2013. The Next Big Thing-Wearables Are in Fashion. *Americas*.
295. Polydoropoulou, A., 1997. Modeling user response to advanced travelers information systems (ATIS) (PhD Thesis). Massachusetts Institute of Technology.
296. Polydoropoulou, A., Bernardino, A., n.d. Integration of choice and latent variable models. Manuscript.
297. Popovic, V., Kraal, B.J., Kirk, P.J., 2009. Passenger experience in an airport : an activity-centred approach, in: *IASDR 2009 Proceedings*. Presented at the International Association of Societies of Design Research 2009, Korean Society of Design Science, COEX, Seoul, pp. 1–10.
298. Rahmandad, H., Sterman, J., 2008. Heterogeneity and Network Structure in the Dynamics of Diffusion: Comparing Agent-Based and Differential Equation Models. *Management Science* 54, 998–1014.  
<https://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0787>
299. Rastogi Rajat, Thaniarasu Ilango, Chandra Satish, 2011. Design Implications of Walking Speed for Pedestrian Facilities. *Journal of Transportation Engineering* 137, 687–696.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000251](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000251)
300. Ratcliffe, E.P., 1970. A comparison of drivers route choice criteria

- and those used in current assignment processes. (Ph.D.). University of Newcastle upon Tyne.
301. Ratner, O.P., Brogan, D.C., 2005. Simulating Crowds with Balance Dynamics, in: ACM SIGGRAPH 2005 Posters, SIGGRAPH '05. ACM, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/1186954.1187086>
302. Rauch, R., Kljajić, M., 2006. Discrete Event Passenger Flow Simulation Model for an Airport Terminal Capacity Analysis. *Organizacija* 39.
303. Raveau, S., Álvarez-Daziano, R., Yáñez, M., Bolduc, D., de Dios Ortúzar, J., 2010. Sequential and Simultaneous Estimation of Hybrid Discrete Choice Models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2156, 131–139. <https://doi.org/10.3141/2156-15>
304. Ray, C., Claramunt, C., 2003. A distributed system for the simulation of people flows in an airport terminal. *Knowledge-Based Systems* 16, 191–203. [https://doi.org/10.1016/S0950-7051\(03\)00013-3](https://doi.org/10.1016/S0950-7051(03)00013-3)
305. Retting, R.A., Ferguson, S.A., McCartt, A.T., 2003. A Review of Evidence-Based Traffic Engineering Measures Designed to Reduce Pedestrian–Motor Vehicle Crashes. *Am J Public Health* 93, 1456–1463. <https://doi.org/10.2105/AJPH.93.9.1456>
306. Roanes-Lozano, E., Laita, L.M., Roanes-Macías, E., 2004. An accelerated-time simulation of departing passengers' flow in airport terminals. *Mathematics and Computers in Simulation* 67, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2004.05.016>
307. Robinson, S., 2005. Discrete-event simulation: from the pioneers to the present, what next? *J Oper Res Soc* 56, 619–629. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601864>
308. Ronald, N., Sterling, L., Kirley, M., others, 2007. An agent-based approach to modelling pedestrian behaviour. *International Journal of Simulation* 8, 25–38.

309. Rozema, L.M., 2017. Behavioural Classification of Passengers in an Airport Terminal.
310. Russell, S.J., Norvig, P., Canny, J.F., Malik, J.M., Edwards, D.D., 2003. Artificial intelligence: a modern approach. Prentice hall Upper Saddle River.
311. Saelens, B.E., Sallis, J.F., Frank, L.D., 2003. Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Ann Behav Med* 25, 80–91.  
[https://doi.org/10.1207/S15324796ABM2502\\_03](https://doi.org/10.1207/S15324796ABM2502_03)
312. Sakano, R., Benjamin, J., 2000. A structural equation analysis of stated travel by commuter rail, in: Annual Meeting of the Transportation Research Board, Jan. pp. 9–13.
313. Saleem, H., Beaudry, A., Croteau, A.-M., 2011. Antecedents of computer self-efficacy: A study of the role of personality traits and gender. *Computers in Human Behavior*, 2009 Fifth International Conference on Intelligent Computing 27, 1922–1936.  
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.04.017>
314. Schadschneider, A., 2001. Cellular Automaton Approach to Pedestrian Dynamics - Theory. arXiv:cond-mat/0112117.
315. Schadschneider, A., Klüpfel, H., Kretz, T., Rogsch, C., Seyfried, A., 2009. Fundamentals of Pedestrian and Evacuation Dynamics.  
<http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-60566-226-8.ch006> 124–154. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-226-8.ch006>
316. Scheiner, J., Holz-Rau, C., 2007. Travel mode choice: affected by objective or subjective determinants? *Transportation* 34, 487–511.  
<https://doi.org/10.1007/s11116-007-9112-1>
317. Schelhorn, T., O’Sullivan, D., Haklay, M., Thurstain-Goodwin, M., 1999. STREETS: An agent-based pedestrian model.
318. Schieritz, N., Milling, P.M., 2003. Modeling the Forest or

- Modeling the Trees A Comparison of System Dynamics and Agent-Based Simulation, in: In Proceedings of the 21st International Conference of the System Dynamics Society.
319. Sen, R.P., 2010. Operations Research: Algorithms and Applications. PHI Learning Pvt. Ltd.
320. Senn, J.A., 2000. The emergence of m-commerce. *Computer* 33, 148–150. <https://doi.org/10.1109/2.889097>
321. Serusi, 2013. Crisis Management for Airports and Airlines, in the age of the Connected Traveler. SimpliFlying.
322. Shankar, V.N., Ulfarsson, G.F., Pendyala, R.M., Nebergall, M.B., 2003. Modeling crashes involving pedestrians and motorized traffic. *Safety Science* 41, 627–640. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(02\)00017-6](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(02)00017-6)
323. Shannon, R.E., 1998. Introduction to the Art and Science of Simulation, in: Proceedings of the 30th Conference on Winter Simulation, WSC '98. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, pp. 7–14.
324. Shapiro, C., Varian, H.R., 1998. Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy. Harvard Business Press.
325. Shiwakoti, N., Nakatsuji, T., 2005. Pedestrian simulations using microscopic and macroscopic model, in: Infrastructure Planning. pp. 1–4.
326. Shone, R., Knight, V.A., Williams, J.E., 2013. Comparisons between observable and unobservable M/M/1 queues with respect to optimal customer behavior. *European Journal of Operational Research* 227, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.12.016>
327. Siebers, P.-O., Aickelin, U., 2011. A First Approach on Modelling Staff Proactiveness in Retail Simulation Models (SSRN Scholarly Paper No. ID 2823349). Social Science Research Network, Rochester, NY.
328. Simhon, E., Hayel, Y., Starobinski, D., Zhu, Q., 2016. Optimal information disclosure policies in strategic queueing games. *Operations Research Letters* 44, 109–113. <https://doi.org/10.1016/j.orl.2015.12.005>

329. Singh, V.P., 2009. System modeling and simulation. New Age International (P) Ltd., Publishers, New Delhi.
330. SITA, 2018a. Airport IT trends survey 2017.
331. SITA, 2018b. The promise of robotics [WWW Document]. URL <http://www.sita.aero/air-transport-it-review/articles/the-promise-of-robotics> (accessed 2.6.18).
332. SITA, 2018c. Leo, SITA's baggage robot | SITA [WWW Document]. SITA. create success together. URL <https://www.sita.aero/innovation/sita-lab/intelligent-machines/leo-sitas-baggage-robot/> (accessed 3.17.18).
333. SITA, 2017. Airport IT trends survey 2016.
334. SITA, 2016. Airport IT Trends Survey 2015.
335. SITA, 2014. Passenger counting and tracking technology comparison fact.
336. SITALab, 2013. The next big thing in air travel.
337. Smith, A., 2011. Airport security -- an evolving challenge. *International Airport Review* 15.
338. Smith, D.C., Cypher, A., Spohrer, J., 1994. KidSim: Programming Agents Without a Programming Language. *Commun. ACM* 37, 54–67. <https://doi.org/10.1145/176789.176795>
339. Smith, L., Beckman, R., Anson, D., Nagel, K., Williams, M., 1995. TRANSIMS: TRansportation ANalysis and SIMulation System (No. LA-UR-95-1664; CONF-9504197-1). Los Alamos National Lab., NM (United States). <https://doi.org/10.2172/88648>
340. Smits, D., Visser, A., Groen, F.C.A., 2013. Modeling Pedestrians in an Airport Scenario with a Time-Augmented Petri Net, in: *Intelligent Autonomous Systems 12*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 543–551. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-33932-5\\_50](https://doi.org/10.1007/978-3-642-33932-5_50)
341. SoftWork, 2010. Tags Attivi e Passivi - Identificazione automatica RF-ID [WWW Document]. URL <http://www.rf-id.it/TAGS-ATT-PAS.htm>

- (accessed 1.31.18).
342. Song, W., Yu, Y., Fan, W., Zhang, H., 2005. A cellular automata evacuation model considering friction and repulsion. *Sci. China Ser. E-Technol. Sci.* 48, 403–413. <https://doi.org/10.1360/03ye0486>
343. Sottile, E., 2015. Costruzione di modelli di scelta discreta ibridi per misurare gli effetti delle strategie informative sulla scelta del modo di viaggio contestualmente agli aspetti latenti (Tesi di dottorato). Università degli Studi di Cagliari.
344. Srinivasan, K.K., Mahmassani, H.S., 2002. Dynamic decision and adjustment processes in commuter behavior under real-time information. Citeseer.
345. Stefanik, M., Kandra, B., Badanik, B., 2012. Aspects influencing arrival behavioural pattern of air travellers. *Archives of Transport System Telematics* Vol. 5, iss. 1, 35–40.
346. Sterman, J., 2000. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World with CD-ROM*. McGraw-Hill Education, Boston Mass.; London.
347. Taha, H.A., 2010. *Operations Research: An Introduction*, 9 edition. ed. Pearson, Upper Saddle River, N.J.
348. Tam, M.L., 2011. An optimization model for wayfinding problems in terminal building. *Journal of Air Transport Management* 17, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2010.06.001>
349. Tam, M.L., Lam, W.H.K., Lo, H.P., 2008. Modeling Air Passenger Travel Behavior on Airport Ground Access Mode Choices. *Transportmetrica* 4, 135–153. <https://doi.org/10.1080/18128600808685685>
350. Teichmann, T., 2010. Sand and snow dunes with cellular automata.
351. Teknomo, K., 2016. Microscopic Pedestrian Flow Characteristics: Development of an Image Processing Data Collection and Simulation Model. arXiv:1610.00029 [cs].
352. Teknomo, K., Gerilla, G.P., 2005. SENSITIVITY ANALYSIS

- AND VALIDATION OF A MULTI-AGENTS PEDESTRIAN MODEL.  
*Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 6, 198–213.  
<https://doi.org/10.11175/easts.6.198>
353. Teknomo, K., Takeyama, Y., Inamura, H., 2016. Review on Microscopic Pedestrian Simulation Model. arXiv:1609.01808 [cs].
354. Thakuria, P. (Vonu), Sen, A., 1996. Quality of information given by advanced traveler information systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 4, 249–266. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(97\)82900-2](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(97)82900-2)
355. The Economist, 2007. Word of mouse.
356. Tindemans, H., Van Hofstraeten, D., Verhetsel, A., Witlox, F., 2003. A spatial approach to the analysis of household activity surveys in Belgium. *Compendium of papers of the Euroworkshop “Behavioural Responses to ITS”*.
357. Torres, E., Domínguez, J.S., Valdés, L., Aza, R., 2005. Passenger waiting time in an airport and expenditure carried out in the commercial area. *Journal of Air Transport Management* 11, 363–367.  
<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2005.04.001>
358. Towers, S.J., Smith, J.E., Bruns, A., 2005. e-learning environments: Generation C – the missing link, in: *Creative Industries Faculty. Presented at the Symposium on Teaching Technology in Higher Education: The 24/7 e-University*, Perth, Western Australia.
359. Trakoonsanti, L., 2016. A Process Simulation Model o Airline Passenger Check-In. *Universal Journal of Management* 4, 265–276.
360. Triebel, R., Arras, K., Alami, R., Beyer, L., Breuers, S., Chatila, R., Chetouani, M., Cremers, D., Evers, V., Fiore, M., Hung, H., Ramírez, O.A.I., Joosse, M., Khambhaita, H., Kucner, T., Leibe, B., Lilienthal, A.J., Linder, T., Lohse, M., Magnusson, M., Okal, B., Palmieri, L., Rafi, U., Rooij, M. van, Zhang, L., 2016. SPENCER: A Socially Aware Service Robot for Passenger Guidance and Help in Busy Airports, in: *Field and*

- Service Robotics, Springer Tracts in Advanced Robotics. Springer, Cham, pp. 607–622. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27702-8\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27702-8_40)
361. Tuten, T., Marks, M., 2012. The Adoption of Social Media As Educational Technology Among Marketing Educators. *Marketing Education Review* 22, 201–214. <https://doi.org/10.2753/MER1052-8008220301>
362. Twarogowska, M., Goatin, P., Duvigneau, R., 2014. Comparative Study of Macroscopic Pedestrian Models. *Transportation Research Procedia* 2, 477–485. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.09.063>
363. Twentyman, J., 2010. Twitter time. *Airport World* 14, 34–36.
364. Van der Mede, H., Van Berkum, E., 1996. Modelling car drivers route choice information environments. Delft University of Technology, Transportation Planning and Traffic Engineering Section Rudimental Contributions.
365. Van Der Zee, D.J., Van Der Vorst, J.G. a. J., 2005. A Modeling Framework for Supply Chain Simulation: Opportunities for Improved Decision Making\*. *Decision Sciences* 36, 65–95. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2005.00066.x>
366. van Oel, C.J., van den Berkhof, F.W. (Derk), 2013. Consumer preferences in the design of airport passenger areas. *Journal of Environmental Psychology* 36, 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.08.005>
367. Vasigh, B., Erfani, G., Miner, D., 2009. Evaluation of airport performance: public versus private ownership, in: *Proceedings of International Conference on Economics and Administration, Romania*.
368. Vasquez Lavin, F., Hanemann, W.M., 2008. Taste indicators and heterogeneous revealed preferences for congestion in recreation demand. *CUDARE Working Papers - University of California, Berkeley*.
369. Vaughn, K.M., Abdel-aty, M.A., Kitamura, R., Jovanis, P.P., Yang, H., 1993. *Experimental Analysis And Modeling Of Sequential*

- Route Choice Under ATIS In A Simple Traffic Network.
370. Velten, K., 2009. *Mathematical Modeling and Simulation: Introduction for Scientists and Engineers*. John Wiley & Sons.
371. Von Neumann, J., Burks, A.W. (Arthur W., 1966. *Theory of self-reproducing automata*. Urbana, University of Illinois Press.
372. Vredin Johansson, M., Heldt, T., Johansson, P., 2006. The effects of attitudes and personality traits on mode choice. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 40, 507–525.  
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.09.001>
373. Wachs, M., 1967. RELATIONSHIPS BETWEEN DRIVERS' ATTITUDES TOWARD ALTERNATE ROUTES AND DRIVER AND ROUTE CHARACTERISTICS. *Highway Research Record*.
374. Walker, J.L., 2001. *Extended discrete choice models : integrated framework, flexible error structures, and latent variables (Thesis)*. Massachusetts Institute of Technology.
375. Watson, T., 2013. *Simple Cost Analysis for RFID Options*. AMI.
376. Wattanacharoensil, W., Schuckert, M., 2015. How Global Airports Engage Social Media Users: A Study of Facebook use and its Role in Stakeholder Communication. *Journal of Travel & Tourism Marketing* 32, 656–676. <https://doi.org/10.1080/10548408.2014.955245>
377. Weinberg, B.D., Pehlivan, E., 2011. Social spending: Managing the social media mix. *Business Horizons, SPECIAL ISSUE: SOCIAL MEDIA* 54, 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.01.008>
378. Wesley, S., LeHew, M., Woodside, A.G., 2006. Consumer decision-making styles and mall shopping behavior: Building theory using exploratory data analysis and the comparative method. *Journal of Business Research* 59, 535–548. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2006.01.005>
379. Wikipedia, 2018a. Boarding pass. Wikipedia.
380. Wikipedia, 2018b. Global Positioning System. Wikipedia.
381. Wilson, D., Roe, E.K., So, S.A., 2006. *Security Checkpoint*

- Optimizer (SCO): An Application for Simulating the Operations of Airport Security Checkpoints, in: Proceedings of the 38th Conference on Winter Simulation. Winter Simulation Conference, Monterey, California, pp. 529–535.
382. Wolfram, S., 1983. Statistical mechanics of cellular automata. *Rev. Mod. Phys.* 55, 601–644. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.55.601>
383. Wooldridge, M., Jennings, N.R., 1995. Intelligent agents: theory and practice. *The Knowledge Engineering Review* 10, 115–152. <https://doi.org/10.1017/S0269888900008122>
384. Xiang, Z., Gretzel, U., 2010. Role of social media in online travel information search. *Tourism Management* 31, 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.02.016>
385. Xing, P., Lees, M., Nan, H., Viswanathan, T.V., 2011. Validation of Agent-Based Simulation through Human Computation: An Example of Crowd Simulation, in: Multi-Agent-Based Simulation XII. Presented at the International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 90–102. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-28400-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-28400-7_7)
386. Xu, S., Duh, H.B.L., 2010. A Simulation of Bonding Effects and Their Impacts on Pedestrian Dynamics. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 11, 153–161. <https://doi.org/10.1109/TITS.2009.2036152>
387. Yang, H., Meng, Q., 2001. Modeling user adoption of advanced traveler information systems: dynamic evolution and stationary equilibrium. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 35, 895–912. [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(00\)00030-6](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(00)00030-6)
388. Yin, Y., Yang, H., 2003. Simultaneous determination of the equilibrium market penetration and compliance rate of advanced traveler information systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 37, 165–181. [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(02\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(02)00011-3)

- 
389. Zenith, 2017. Advertising Expenditure Forecasts December 2017 .Executive summary.
390. Zhan, B., Monekosso, D.N., Remagnino, P., Velastin, S.A., Xu, L.-Q., 2008. Crowd analysis: a survey. *Machine Vision and Applications* 19, 345–357. <https://doi.org/10.1007/s00138-008-0132-4>
391. Zhang, D., Zhu, H., Liu, C., 2018. Simulation Model for the Decision-Making Behavior in Pedestrian Evacuation with Floor Field Cellular Automata Approach. *International Journal of Smart Home* 9, 175–186.
392. Zheng, X., Zhong, T., Liu, M., 2009. Modeling crowd evacuation of a building based on seven methodological approaches. *Building and Environment* 44, 437–445. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.04.002>
393. Zhou, S., Chen, D., Cai, W., Luo, L., Low, M.Y.H., Tian, F., Tay, V.S.-H., Ong, D.W.S., Hamilton, B.D., 2010. Crowd Modeling and Simulation Technologies. *ACM Trans. Model. Comput. Simul.* 20, 20:1–20:35. <https://doi.org/10.1145/1842722.1842725>