



**DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA CIVILE PER
L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO**
XI Ciclo - Nuova Serie (2010-2013)
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

**METODI PER L'ANALISI DI ACCESSIBILITÀ
CON APPLICAZIONE AL TRASPORTO
AEREO**

**METHODS FOR ACCESSIBILITY ANALYSIS
WITH AIR TRANSPORT APPLICATION**

DOTT. FRANCESCO VALANZANO

**Relatore:
PROF. ING. GIULIO E.
CANTARELLA**

**Coordinatore
PROF. ING. LEONARDO CASCINI**

**Correlatore:
PROF. ING. STEFANO DE LUCA**

In copertina: aerei in coda per l'atterraggio

METODI PER L'ANALISI DI ACCESSIBILITÀ CON APPLICAZIONE AL
TRASPORTO AEREO

Copyright © 2005 Università degli Studi di Salerno – via Ponte don Melillo, 1 – 84084
Fisciano (SA), Italy – web: www.unisa.it

Proprietà letteraria, tutti i diritti riservati. La struttura ed il contenuto del presente volume non possono essere riprodotti, neppure parzialmente, salvo espressa autorizzazione. Non ne è altresì consentita la memorizzazione su qualsiasi supporto (magnetico, magnetico-ottico, ottico, cartaceo, etc.).

Benché l'autore abbia curato con la massima attenzione la preparazione del presente volume, Egli declina ogni responsabilità per possibili errori ed omissioni, nonché per eventuali danni dall'uso delle informazione ivi contenute.

Finito di stampare il 28/02/2013

INDICE GENERALE

INDICE GENERALE	i
indice delle figure.....	v
indice delle tabelle	xi
SOMMARIO	xvii
ABSTRACT	xxi
RINGRAZIAMENTI.....	xxiv
About the author	xxv
INTRODUZIONE.....	1
1 INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA: IL SISTEMA DI TRASPORTO AEREO.....	7
1.1 Introduzione	7
1.2 Interazione tra aeroporti e territorio	10
1.3 Esigenze e problematiche del trasporto aereo	21
1.4 Formalizzazione del problema	23
1.5 Stato dell'arte.....	25
1.6 Il trasporto aereo nel Sud Italia e in Campania.....	28
1.7 Gli strumenti finanziari per lo sviluppo degli aeroporti	34
1.8 Principali autorità e riferimenti legislativi	37
1.9 Terminologia usata nel testo.....	39
2 INQUADRAMENTO METODOLOGICO.....	43
2.1 Misurare l'accessibilità: approcci e metodi.....	43
2.1.1 Introduzione.....	43
2.1.2 Evidenze bibliografiche	45
2.1.3 Definizioni e primi approcci quantitativi	55
2.2 Modelli di simulazione di comportamenti di spostamento.....	68
2.2.1 Approccio comportamentale e teoria dell'utilità aleatoria ..	68
2.2.2 Utilità sistematica e attributi significativi.....	70
2.2.3 Logit Multinomiale	72
2.2.4 Logit Gerarchizzato.....	74
2.2.5 Cross-Nested Logit.....	77
2.2.6 Mixed Multinomial Logit.....	78
2.3 Modelli di simulazione di comportamenti di scelta dell'aeroporto: inquadramento metodologico	79

2.3.1	Introduzione.....	79
2.3.2	Specificazione, calibrazione e validazione del modello.....	88
2.3.3	Approccio stocastico comportamentale per la scelta di un aeroporto.....	94
3	IMPLEMENTAZIONE DI MISURE DI ACCESSIBILITA'....	101
3.1	Sintesi degli scenari analizzati.....	101
3.2	indicatori di accessibilità implementati.....	104
3.2.1	Indicatori basati sull'offerta del sistema di trasporto (O).....	105
3.2.2	Indicatori basati sui modelli di scelta comportamentale (S)	108
3.3	Scenario 1: Competizione Grazzanise – Salerno Costa d'Amalfi.....	124
3.3.1	Analisi della competizione – tempi di accesso.....	124
3.3.2	Analisi della competizione – costi generalizzati.....	135
3.3.3	Analisi della competizione – indicatori composti.....	144
3.3.4	Analisi della competizione – utilità sistematica, probabilità di scelta.....	156
3.3.5	Indicatori di accessibilità per la determinazione dei bacini di influenza degli aeroporti.....	167
3.4	Scenario 2: Competizione Grazzanise – Salerno Costa d'Amalfi – Napoli.....	179
3.4.1	Analisi della competizione – tempi di accesso.....	179
3.4.2	Analisi della competizione – costi generalizzati.....	184
3.4.3	Analisi della competizione – utilità sistematica, probabilità di scelta.....	189
3.5	Scenario 3: Competizione Grazzanise – Salerno Costa d'Amalfi in presenza di Napoli Capodichino.....	201
3.5.1	Indicatori non ridotti “senza alfa”.....	201
3.5.2	indicatori ridotti “con alfa”.....	220
3.6	Scenario 4: analisi di equità.....	228
3.6.1	Tempi di accesso.....	228
3.6.2	Costi generalizzati.....	229
3.6.3	Utilità sistematica.....	231
3.7	Scenario 5: analisi di complementarietà.....	232
3.7.1	Tempi di accesso.....	232
3.7.2	Costi generalizzati.....	234
3.7.3	Utilità sistematica.....	235
3.8	Scenario 6: analisi di ridondanza.....	237
3.8.1	Tempi di accesso.....	237

3.8.2	Costi generalizzati.....	238
3.8.3	Utilità sistematica.....	240
3.9	Scenario 7: analisi di accessibilità attiva.....	241
3.9.1	Analisi numeriche.....	241
3.9.2	Considerazioni finali sull'accessibilità attiva.....	244
4	CONCLUSIONI.....	247
4.1	metodologiche.....	247
4.1.1	Analisi sulla base dei tempi di accesso.....	248
4.1.2	Analisi sulla base degli indicatori composti.....	249
4.1.3	Analisi sulla base dei costi generalizzati di accesso.....	249
4.1.4	Analisi sulla base delle utilità sistematiche.....	250
4.1.5	Analisi sulla base delle probabilità di scelta.....	250
4.2	operative.....	251
4.2.1	Scenario 1: competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi in assenza di aeroporti.....	251
4.2.2	Scenario 2: competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi – Capodichino.....	252
4.2.3	Scenario 3: competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi in presenza di Capodichino.....	254
4.2.4	Valutazione dei servizi offerti al territorio di riferimento.....	255
	Bibliografia.....	260

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 Andamento dei ricavi del trasporto aereo in relazione	11
Figura 1.2 Ricavi del trasporto aereo nel mondo (per km/passeggero).	11
Figura 1.3 Il traffico commerciale in Italia per aeroporto e aree di riferimento.....	15
Figura 1.4 Trasporto aereo di passeggeri anni 2009-2011 aggiornati	16
Figura 1.5 Graduatoria degli scali italiani 2010 in base al.....	17
Figura 1.6 Graduatoria degli scali italiani 2011 in base al numero totale di movimenti aerei commerciali (fonte ENAC).....	18
Figura 1.7 La rete aeroportuale nazionale – la nuova rete Ten-T proposta dalla.....	19
Figura 1.8 La rete aeroportuale nazionale (Fonte: Rapporto Enac 2011)	20
Figura 1.9 La nuova rete Ten-T proposta dalla Commissione	21
Figura 1.10 Pianificazione Aeroportuale in Italia (Fonte: Rapporto Enac 2010).....	31
Figura 1.11 Previsione crescita passeggeri per regione (in milioni)	32
Figura 1.12 Capacità degli aeroporti e traffico previsto al 2030.....	32
Figura 1.13 Trend del numero di passeggeri negli aeroporti italiani.....	33
Figura 1.14 Pianificazione del nuovo scalo di Grazzanise	33
Figura 2.1 Struttura dell'albero di scelta di un modello Logit Multinomiale.	74
Figura 2.2 Matrice delle covarianze di un modello Logit Multinomiale.	74
Figura 2.3 Struttura dell'albero di scelta di un modello Logit Grarchizzato.....	75
Figura 3.1 Case study (©Google 2009).....	111
Figura 3.2 Tempi medi di accesso pesati con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.....	126
Figura 3.3 Tempi medi di accesso per residente: funzione potenza, box-cox e trasformazioni logaritmiche con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.....	128
Figura 3.4 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili	131

Figura 3.5 Costi generalizzati di accesso pesati con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.	137
Figura 3.6 Costi generalizzati di accesso per residente: funzione potenza,	138
Figura 3.7 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili	140
Figura 3.8 Indicatori composti: confronto tra i due scali con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.	147
Figura 3.9 Indicatori composti (popxt e pop/t): funzioni potenza e box-cox con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.	148
Figura 3.10 Indicatori composti (popxt e pop/t): trasformazioni del tempo logaritmiche ed esponenziali con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.	149
Figura 3.11 Utilità sistematiche, utilità inclusive e probabilità di scelta pesate con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.	159
Figura 3.12 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili nelle varie soglie di utilità sistematica (i valori delle utilità sono sempre negativi).	161
Figura 3.13 Distribuzione delle opportunità tra i vari bacini sulla base	169
Figura 3.14 Distribuzione delle opportunità tra i vari bacini sulla base	171
Figura 3.15 Distribuzione delle opportunità tra i vari bacini sulla base delle utilità sistematiche	173
Figura 3.16 Tempi medi di accesso pesati con relative variazioni percentuali rispetto a Capodichino.	181
Figura 3.17 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili	183
Figura 3.18 Costi generalizzati di accesso pesati con relative variazioni percentuali rispetto a Capodichino.	185
Figura 3.19 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili	188
Figura 3.20 Utilità sistematiche, utilità inclusive e probabilità di scelta pesate con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.	192

Figura 3.21 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili nelle varie soglie di utilità sistematica (i valori delle utilità sono sempre negativi).....	195
Figura 3.22 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (I) comprese nei bacini di influenza (competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi)	205
Figura 3.23 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (I) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino - Grazzanise).....	205
Figura 3.24 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (I) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino – Salerno C. Amalfi)	206
Figura 3.25 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (I) comprese nei bacini di influenza (competizione tra tre aeroporti).....	206
Figura 3.26 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (I) comprese nella fascia di incertezza (tutti gli scenari di competizione tra aeroporti)	208
Figura 3.27 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (C) comprese nei bacini di influenza (competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi)	210
Figura 3.28 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (C) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino - Grazzanise).....	211
Figura 3.29 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (C) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino – Salerno C. Amalfi)	211
Figura 3.30 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (C) comprese nei bacini di influenza (competizione tra tre aeroporti).....	212
Figura 3.31 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (C) comprese nella fascia di incertezza (tutti gli scenari di competizione tra aeroporti)	214
Figura 3.32 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (U) comprese nei bacini di influenza (competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi)	216
Figura 3.33 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (U) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino - Grazzanise).....	216

Figura 3.34 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (U) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino – Salerno C. Amalfi)	217
Figura 3.35 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (U) comprese nei bacini di influenza (competizione tra tre aeroporti)	217
Figura 3.36 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (U) comprese nella fascia di incertezza (tutti gli scenari di competizione tra aeroporti)	219
Figura 3.37 Confronto grafico tra i tempi invertiti pesati non ridotti e ridotti mediante i coefficienti di smoothing. Confronto tra le variazioni percentuali degli indicatori non ridotti e ridotti di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.....	222
Figura 3.38 Confronto grafico tra i valori assunti dall'indicatore pop/t non ridotti e ridotti mediante i coefficienti di smoothing. Confronto tra le variazioni percentuali degli indicatori non ridotti e ridotti di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.....	223
Figura 3.39 Confronto grafico tra i costi generalizzati pesati non ridotti e ridotti mediante i coefficienti di smoothing. Confronto tra le variazioni percentuali degli indicatori non ridotti e ridotti di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.....	225
Figura 3.40 Confronto grafico tra i valori assunti dall'indicatore costo/t non ridotti e ridotti mediante i coefficienti di smoothing. Confronto tra le variazioni percentuali degli indicatori non ridotti e ridotti di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.....	226
Figura 3.41 Confronto grafico tra le utilità sistematiche pesate non ridotte e ridotte mediante i coefficienti di smoothing. Confronto tra le variazioni percentuali degli indicatori non ridotti e ridotti di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.....	227
Figura 3.42 Opportunità raggiungibili in 90 min di tempo di accesso e	229
Figura 3.43 Opportunità raggiungibili con un costo di accesso di 30 euro	230
Figura 3.44 Opportunità raggiungibili con un valore di soglia di utilità sistematica pari a -30 e indici di equità.....	232
Figura 3.45 Opportunità raggiungibili in 1h di tempo di accesso	233
Figura 3.46 Opportunità raggiungibili con un costo di accesso di 20 euro	235
Figura 3.47 Opportunità raggiungibili con un valore di soglia di utilità sistematica pari a -21.8 e indici di complementarità.....	236

Figura 3.48 Opportunità che hanno accesso in 1h di tempo di viaggio.....	238
Figura 3.49 Opportunità raggiungibili da più aeroporti con un costo di accesso.....	239
Figura 3.50 Opportunità che possono raggiungere più aeroporti con un valore di soglia di utilità sistematica pari a -21.8 e indici di ridondanza	241
Figura 3.51 Confronti grafici relativi all'indicatore di accessibilità attiva	243

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.1	Interventi previsti per gli aeroporti laziali.....	34
Tabella 2.1	Classificazione dei possibili contesti di scelta e contributi.....	82
Tabella 2.2	Modello MNL: dimensioni di scelta e funzione di scelta.....	85
Tabella 2.3	Modello NL: dimensioni di scelta, strutture gerarchiche e funzione di scelta.....	86
Tabella 2.4	Scelta dell'aeroporto: possibili formulazioni matematiche ..	89
Tabella 3.1	Attributi testati.....	114
Tabella 3.2	Attributi di utilità sistematica: min, max e valore medio	117
Tabella 3.3	Risultati della stima ($D = direct\ flights$; $C = connecting\ flights$)..	119
Tabella 3.4	Analisi di elasticità (elasticità dirette ed elasticità incrociate).	122
Tabella 3.5	Tempi medi di accesso pesati.....	125
Tabella 3.6	Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di tempo di accesso in auto per Grazzanise.....	129
Tabella 3.7	Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di tempo di accesso in auto per Salerno Costa d'Amalfi.....	129
Tabella 3.8	Costi generalizzati medi di accesso pesati.....	136
Tabella 3.9	Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie	139
Tabella 3.10	Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di costo	139
Tabella 3.11	Valori degli indicatori composti per i due aeroporti.....	144
Tabella 3.12	Utilità sistematiche ed inclusive medie pesate	157
Tabella 3.13	Probabilità di scelta pesate (Multinomial Logit).....	158
Tabella 3.14	Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di	160
Tabella 3.15	Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di	160
Tabella 3.16	Numero di opportunità appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (tempi di accesso).....	168
Tabella 3.17	Opportunità percentuali appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (tempi di accesso).....	168

Tabella 3.18 Numero di opportunità appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (costi generalizzati).....	170
Tabella 3.19 Opportunità percentuali appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (costi generalizzati).....	170
Tabella 3.20 Numero di opportunità appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (utilità sistematiche)	172
Tabella 3.21 Opportunità percentuali appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (utilità sistematiche)	172
Tabella 3.22 Tempi medi di accesso pesati.....	180
Tabella 3.23 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di tempo di accesso in auto per Napoli Capodichino	182
Tabella 3.24 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di tempo di accesso in auto per Grazzanise.....	182
Tabella 3.25 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di tempo di accesso in auto per Salerno Costa d'Amalfi.....	182
Tabella 3.26 Costi generalizzati medi di accesso pesati	185
Tabella 3.27 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie ...	186
Tabella 3.28 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie ...	187
Tabella 3.29 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di costo	187
Tabella 3.30 Utilità sistematiche ed inclusive medie pesate	190
Tabella 3.31 Probabilità di scelta pesate (Multinomial Logit)	191
Tabella 3.32 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di	194
Tabella 3.33 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di	194
Tabella 3.34 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di	194
Tabella 3.35 Indicatori di Livello di Servizio pesati sulle opportunità...	202
Tabella 3.36 Indicatori basati sui modelli di scelta pesati sulle opportunità.....	202
Tabella 3.37 Opportunità comprese nei diversi bacini (T): distribuzione	204
Tabella 3.38 Opportunità comprese nei diversi bacini (T): distribuzione	204
Tabella 3.39 Opportunità comprese nei diversi bacini (T): distribuzione	204
Tabella 3.40 Opportunità comprese nei diversi bacini (T): distribuzione	204

Tabella 3.41 Numero di opportunità compreso nella fascia di incertezza	207
Tabella 3.42 Percentuali di opportunità (rispetto al totale regionale) compreso nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione (I)	208
Tabella 3.43 Opportunità comprese nei diversi bacini (C): distribuzione	209
Tabella 3.44 Opportunità comprese nei diversi bacini (C): distribuzione	209
Tabella 3.45 Opportunità comprese nei diversi bacini (C): distribuzione	209
Tabella 3.46 Opportunità comprese nei diversi bacini (C): distribuzione	210
Tabella 3.47 Numero di opportunità compreso nella fascia di incertezza	213
Tabella 3.48 Percentuali di opportunità (rispetto al totale regionale) compreso nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione (C)	213
Tabella 3.49 Opportunità comprese nei diversi bacini (U): distribuzione	215
Tabella 3.50 Opportunità comprese nei diversi bacini (U): distribuzione	215
Tabella 3.51 Opportunità comprese nei diversi bacini (U): distribuzione	215
Tabella 3.52 Opportunità comprese nei diversi bacini (U): distribuzione	215
Tabella 3.53 Numero di opportunità compreso nella fascia di incertezza	218
Tabella 3.54 Percentuali di opportunità (rispetto al totale regionale) compreso nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione (U)	219
Tabella 3.55 Tempi di viaggio invertiti pesati ridotti e non ridotti: differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.....	221
Tabella 3.56 Indicatore Pop/t invertiti pesato ridotto e non ridotto: differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.....	221
Tabella 3.57 Costi generalizzati invertiti pesati ridotti e non ridotti: differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.....	224
Tabella 3.58 Indicatore Costo/t invertiti pesato ridotto e non ridotto: differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.....	224

Tabella 3.59 Utilità sistematiche pesate ridotte e non ridotte: differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise	226
Tabella 3.60 Opportunità raggiungibili in 90 min. di tempo di accesso	229
Tabella 3.61 Opportunità raggiungibili con 30 euro di costo di accesso	230
Tabella 3.62 Opportunità raggiungibili con soglia di utilità sistematica	231
Tabella 3.63 Opportunità raggiungibili in 1h di tempo di accesso.....	233
Tabella 3.64 Opportunità raggiungibili con 20 euro di costo di accesso	234
Tabella 3.65 Opportunità raggiungibili con soglia di utilità sistematica	236
Tabella 3.66 Opportunità che hanno accesso in 1h di tempo di viaggio	237
Tabella 3.67 Opportunità raggiungibili con di costo di accesso di 20 euro	239
Tabella 3.68 Opportunità che possono raggiungere più aeroporti con soglia di utilità sistematica di accesso pari a -21.8.....	240
Tabella 3.69 Valori dell'indicatore di accessibilità attiva per le varie configurazioni del sistema aeroportuale (I).....	242
Tabella 3.70 Valori dell'indicatore di accessibilità attiva per le varie configurazioni del sistema aeroportuale pesato sulle opportunità (C)...	243
Tabella 3.71 Valori dell'indicatore di accessibilità attiva per le varie configurazioni del sistema aeroportuale pesato sulle opportunità (V) ..	243
Tabella 4.1 Sintesi degli indicatori principali basati sull'offerta dei trasporti.....	252
Tabella 4.2 Sintesi degli indicatori basati sui modelli di scelta.....	252
Tabella 4.3 Sintesi degli indicatori principali basati sull'offerta dei trasporti.....	253
Tabella 4.4 Sintesi degli indicatori basati sui modelli di scelta.....	253
Tabella 4.5 Sintesi dei tempi invertiti ridotti con i vari coefficienti di riduzione. Differenze percentuali di Salerno C. Amalfi da Grazzanise.....	255
Tabella 4.6 Sintesi dei costi invertiti ridotti con i vari coefficienti di riduzione. Differenze percentuali di Salerno C. Amalfi da Grazzanise.....	255

Tabella 4.7 Sintesi delle utilità sistematiche ridotte con i vari coefficienti di riduzione. Differenze percentuali di Salerno C. Amalfi da Grazzanise	255
Tabella 4.8 Valori dell'indicatore di equità per le varie configurazioni del sistema aeroportuale (T, C,V)	256
Tabella 4.9 Valori dell'indicatore percentuale di complementarità per le varie configurazioni del sistema aeroportuale (T, C,V).....	257
Tabella 4.10 Valori dell'indicatore percentuale di ridondanza per le varie configurazioni del sistema aeroportuale (T, C,V)	258
Tabella 4.11 Valori dell'indicatore di accessibilità attiva per le varie configurazioni del sistema aeroportuale (T, C,V)	259

SOMMARIO

Parole chiave: accessibilità, aeroporti, competizione, livello di servizi offerti, modelli di scelta, GIS.

Il presente lavoro di dottorato di ricerca consiste nello studio approfondito di indicatori di accessibilità finalizzati alla valutazione quantitativa di competitività di un territorio in generale o più nel dettaglio di un terminale di trasporto.

Il lavoro è consistito di due fasi principali ordinate cronologicamente: in primis sono stati definiti i criteri logici e pratici per la costruzione di varie tipologie di misure di accessibilità; in secundis, gli indicatori costruiti nella prima fase sono stati utilizzati per problematiche legate al trasporto aereo passeggeri, in particolare per lo studio della competizione tra aeroporti.

L'area di studio è la Regione Campania ed i terminali di trasporto aereo presi in esame sono tre: Napoli Capodichino, Napoli Grazzanise (in corso di realizzazione) e Salerno Costa d'Amalfi. Tali scali, anche alla luce delle ultime programmazioni a scala nazionale, non possono essere semplicemente in competizione, ma vista la loro vicinanza e la loro territorialità costituiscono un sistema aeroportuale integrato. Anche in questo contesto gli indicatori di accessibilità rappresentano un potente strumento per valutare il grado di interoperabilità ed il livello di servizi che gli aeroporti garantiscono al loro bacino di influenza.

Gli indicatori di accessibilità sono uno strumento molto potente ed in alcuni casi semplice per valutare le criticità di un sistema di trasporti e quindi predisporre adeguati interventi nella fase di programmazione strategica, si prestano pertanto bene ad essere impiegati nelle fasi pre- e meta-progettuali di interventi previsti sul territorio.

Sebbene tali misure quantitative richiedano l'opera di una figura esperta dei sistemi di trasporto e con conoscenze approfondite del quadro geografico ed economico dell'area di riferimento, ovvero dell'analista, è altrettanto vero che tali misure possano fornire una rappresentazione immediata delle criticità ed essere interpretate anche da persone meno esperte, come i decisori politici.

Considerando le classificazioni proposte da diversi autori nei primi dieci anni del nuovo millennio, sono state definite, nel presente lavoro, due macro-categorie di indicatori di accessibilità: gli indicatori basati sull'offerta del sistema di trasporto (O) e gli indicatori basati sui modelli comportamentali di scelta (S).

La prima categoria di misure dipende dalle caratteristiche o "attributi" dipendenti dalla performance del sistema di trasporti, che sono sempre identificabili con un costo di spostamento, tali attributi possono essere combinati con attributi socio-economici del territorio e, nel caso del trasporto aereo, con attributi tipici del terminale di trasporto aereo.

La seconda categoria di misure dipende invece dagli attributi visti in precedenza e dagli attributi propri dell'utente, considerato un decisore razionale; la scelta di un aeroporto, particolareggiando il problema al trasporto aereo, viene simulata attraverso un modello di scelta di tipo probabilistico, i modelli matematici utilizzati nel presente lavoro appartengono alla famiglia delle "funzioni logistiche" o semplicemente "Logit".

L'espressione analitica di un indicatore di accessibilità può essere semplice o addirittura coincidente con un semplice attributo come il tempo di viaggio, può essere rappresentato da una combinazione di attributi ciascuno dei quali pesato con un opportuno coefficiente di reciproca sostituzione, gli attributi possono essere inoltre espressi da una funzione non lineare. I coefficienti di reciproca sostituzione, per esprimere tutti gli attributi in un'unica unità di misura, ad esempio in un costo generalizzato, devono essere opportunamente calibrati attraverso opportune indagini sui comportamenti di spostamento degli utenti. Nel caso dei parametri utilizzati negli indicatori basati sui modelli di scelta, è necessario costruire dei modelli di domanda di spostamento e confrontarli con i dati di spostamento osservati, tale processo prevede una mole di dati ed una complessità analitica non banale.

Nel primo capitolo sono definiti gli approcci ed i metodi per la costruzione delle espressioni analitiche che rappresentano gli indicatori di accessibilità, nel secondo capitolo è stato formalizzato il problema delle misure di accessibilità al trasporto aereo.

Nel terzo capitolo sono descritti i modelli di simulazione di spostamento e la teoria dell'utilità aleatoria alla base degli approcci di tipo "comportamentale" di scelta dell'aeroporto; tale approccio, applicato in un caso studio nell'area di interesse è stato preso come riferimento al fine

di ottenere i parametri necessari per la costruzione degli indicatori basati sui modelli di scelta comportamentale (S).

Nel quarto capitolo sono state infine implementate le misure di accessibilità al contesto regionale multi-aeroporto rappresentato da Capodichino, Grazzanise e Salerno, gli indicatori hanno fornito informazioni circa la competitività dei siti aeroportuali e circa le aree di influenza preferenziale dei singoli scali, tali informazioni sono state interpretate anche in un contesto di integrazione in cui i tre aeroporti regionali svolgono un servizio complementare.

Le misure elaborate e rappresentate in forma di grafici e tabelle sono di tipo “aggregato”, ovvero rappresentative dell’intera area di studio. Sono state inoltre rappresentate graficamente alla scala comunale, tramite il GIS MapInfo Professional 8.5, le misure di tipo “disaggregato”, in forma di carte tematiche.

ABSTRACT

Keywords: accessibility, airports, competition, level of services offered, choice models, GIS.

This PhD work performs an exhaustive search on accessibility indicators aimed at quantitative evaluation of the competitiveness of a territory in general or more in the detail of a transport terminal. The work has consisted of two main stages in chronological order: first the logical and practical criteria have been defined for the construction of various types of measures of accessibility; secondly, the indicators built in the first phase have been used in applications related to air transport for passengers, in particular in the valuation of the competition between airports.

The study area is the Campania Region and air terminals taken into consideration are three: Naples Capodichino, Naples Grazzanise (in progress) and Salerno Costa d'Amalfi. These airports, also in the light of the latest programs on a national scale, can not simply be competing, but given their proximity and their territoriality are an integrated airport system. In this context, the accessibility indicators are a powerful tool for assessing the degree of interoperability and the level of services that airports provide their basin of influence.

The accessibility indicators are a very powerful tool and in some cases simply to assess the criticality of a transport system and then establish appropriate interventions in the strategic planning stage, they lend themselves so well to be used in the pre-and meta-design of interventions provided in the area.

Although these quantitative measures require the work of a familiar figure of the transport systems and in-depth knowledge of the geographical and economic area of reference, or analyst, it is equally true that such measures may discover critical situations and immediate be interpreted by people less experienced, as decision-makers.

Considering the classifications proposed by different authors in the first decade of the new millennium, in the present work have been defined, two macro-categories of accessibility indicators: indicators based on the

supply of the transport system (O) and indicators based on behavioural choice models (S).

The first category of measures depends on the characteristics or "attributes" that depend on the performance of the transport system, which are always detected using a travel cost, these attributes can be combined with socio-economic attributes of the area and, in the case of air transport, with typical attributes of the air transport terminal.

The second category of measures depends instead on the attributes previously seen and user's own attributes, considered a rational decision-maker, the choice of an airport, about the problem of air transport is simulated with a model of probabilistic choice, the mathematical models used in this work belong to the family of "logistic functions" or simply "Logit".

The analytical expression of an indicator of accessibility can be simple or even coincident with a simple attribute as the travel time, can be represented by a combination of attributes each weighed with an appropriate coefficient of mutual substitution, the attributes can also be expressed by a nonlinear function.

The coefficients of mutual substitution, to express all the attributes in a single unit of measurement, for example in a generalized cost, must be suitably calibrated by appropriate investigations on the users' behavior of moving. In the case of the parameters used in the indicators based on the models of choice, it is necessary to build models of travel demand and compare them with the empirical data observed, this process involves a huge amount of data and a non-trivial analytic complexity.

In the first chapter are defined approaches and methods for the construction of the analytical expressions that represent indicators of accessibility, in the second chapter is formalized the problem of the measures of accessibility to the transport plane.

The third chapter describes the simulation models of movement and the random utility theory underlying the approaches of "behavioral" airport of choice, and this approach, applied in a case study in the area of interest was taken as reference in order to obtain the necessary parameters for the construction of indicators based on behavioral models of choice (S).

In the fourth chapter were finally implemented the measures of accessibility to the regional context represented by multi-airport system: Capodichino, Grazzanise and Salerno, the indicators have provided information about the competitiveness of airport sites and about their

areas of preferential influence, such information is been interpreted in the context of integration in which the three regional airports play a complementary service.

Measures developed and represented in the form of graphs and tables are "aggregate", or representative of the entire study area. Measures have also been plotted on the municipal level, through the GIS MapInfo Professional 8.5, such as "unbundled" in the form of thematic maps.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio la Pubblica Amministrazione ed il Ministero della Difesa che mi hanno consentito di approfondire la mia formazione professionale.

Ringrazio tutti coloro che hanno creduto nelle mie possibilità di arrivare al termine di questo non facile percorso.

ABOUT THE AUTHOR

Francesco Valanzano, Castellammare di Stabia (Na) il 31/08/1973.

Titoli di studio: Laurea in Scienze Geologiche (marzo 2001), Abilitazione all'esercizio della professione di Geologo (2001).

Esperienze professionali: consulenze geologico-tecniche (2002-2010); rilievi GPS, livellazione, organizzazione di corsi specialistici in topografia e navigazione terrestre presso il Ministero della Difesa, qualifica attuale "Funzionario Tecnico per la Cartografia".

Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile per l'Ambiente e il Territorio (2010-2013): studio di sensori per il Remote Sensing, rilievo GNSS (I° anno); modelli semplici e rigorosi di georeferenziazione di immagini satellitari, studio sugli indicatori di accessibilità (II° anno); implementazione di misure di accessibilità da/verso siti aeroportuali mediante indicatori aggregati e disaggregati, creazione di mappe tematiche georeferenziate di indicatori di accessibilità (III° anno).

Lingue parlate: Italiano madrelingua, Inglese con certificazione "PET".

Francesco Valanzano, born in Castellammare di Stabia (Naples) on 31/08/1973.

Education: Degree in Geological Sciences (March 2001), Admitted to practice as a Geologist (2001).

Professional experience: geological-technical consulting (2002-2010), GPS survey, levelling, organization of specialized courses in surveying and land navigation at the Ministry of Defence, current status "Technical Officer for Cartography."

PhD in Civil Engineering for the Environment and Territory (2010-2013): a study of sensors for Remote Sensing, GNSS survey (first year); simple and rigorous georeferencing models for satellite images, study on accessibility measures (II year); implementation of measures of accessibility to / from airport sites using aggregate and disaggregate indicators, thematic georeferenced mapping of accessibility indicators (third year).

Spoken Languages: Italian mother tongue, English certification "PET."

INTRODUZIONE

Lo studio dell'evoluzione del territorio e le teorie quantitative alla base dei modelli di pianificazione dei trasporti, hanno sempre prestato grande attenzione alla problematica dell'accessibilità ed alla definizione di modelli quantitativi finalizzati a misurarla.

Misurare l'accessibilità è attività fondamentale per ordinare con metodi oggettivi aree geografiche con differenti livelli di accessibilità, per pianificare strategie di intervento sul sistema di trasporto, per quantificare l'efficacia di opzioni di intervento e per valutare le migliori soluzioni. In questa ottica le analisi di accessibilità possono essere di aiuto all'analista nella propria attività di pianificazione dello sviluppo del territorio e di aiuto alle autorità politiche nelle attività di individuazione degli obiettivi, di definizione delle strategie di intervento e di diffusione delle scelte.

Nell'ambito del sistema di trasporto aereo lo studio dell'accessibilità deve essere interpretato come uno strumento per lo studio della competizione tra aeroporti, della complementarità tra aeroporti, della ridondanza di un sistema aeroportuale e, infine, della equità offerta al sistema territorio. In particolare, lo studio dell'accessibilità può essere interpretato come uno strumento di supporto alle decisioni nelle fasi:

- i) pre/meta-progettuale,
- ii) progettuale,
- iii) di realizzazione ed esercizio degli interventi,

Nella fase *pre-progettuale* si definiscono gli obiettivi, si identificano le criticità e si delineano le strategie di intervento. Un'analisi di accessibilità può essere funzionale:

- al monitoraggio delle performance del sistema di trasporto,
- all'individuazione di aree a differente livello di accessibilità, su cui intervenire o per le quali disporre analisi più dettagliate,
- all'identificazione di possibili strategie di intervento.

Nella fase *progettuale*, si definiscono le strategie di intervento migliori, si valuta la soluzione più efficace ed efficiente ed infine la si progetta. In questo caso un'analisi di accessibilità può aiutare a:

- quantificare gli effetti di eventuali interventi sul sistema di trasporto,
- favorire un confronto oggettivo tra differenti scenari di progetto all'interno di metodi di valutazione (analisi benefici-costi o multicriteria),
- individuare le priorità all'interno di un insieme di interventi,
- favorire la veicolazione delle informazioni ed una maggiore comprensione e condivisione delle scelte effettuate.

Nella fase di *realizzazione ed esercizio*, si prevede il monitoraggio e la verifica degli effetti delle opzioni di intervento sul sistema di trasporto, sia durante la fase realizzativa che durante la fase di esercizio. Il monitoraggio è attività fondamentale per comprendere la bontà delle scelte effettuate e per proporre modifiche e/o correttivi. In questa ottica lo studio della accessibilità può essere utile supporto per monitorare l'efficacia degli interventi rispetto alle aspettative e/o rispetto a target prefissati.

Il lavoro proposto approfondisce le problematiche di stima e rappresentazione della accessibilità relative al sistema di trasporto aereo, con particolare attenzione ai sistemi aeroportuali. In questo contesto ciascun aeroporto è interpretato come la porta di accesso al sistema di trasporto e garantisce accessibilità al territorio verso il mondo esterno, nonché dal mondo esterno verso il proprio bacino di utenza.

Due o più aeroporti possono competere, a parità di servizi e rispetto ad una pre-definita area di studio, in base alla tipologie dei servizi, al tipo di accessibilità e alle caratteristiche dell'aeroporto stesso (land-side, inner-side, air-side). In questo caso la competizione dipende dalla scala territoriale del problema: regionale (non auspicabile), nazionale, continentale (HUB), intercontinentale (HUB intercontinentali).

In generale, un aeroporto può essere

- a) *in competizione con un altro aeroporto,*
- b) *complementare ad un aeroporto esistente,*
- c) *sussidiario di un aeroporto esistente.*

Inoltre un aeroporto deve garantire

- d) *la maggiore equità possibile di accesso al sistema di trasporto aereo,*

e) *la migliore soddisfazione all'area geografica di diretta influenza.*

Rispetto alle suddette accezioni l'analisi di accessibilità può essere molto utile per studiare l'assetto esistente di un sistema aeroportuale e/o possibili assetti futuri che prevedano nuove localizzazioni di aeroporti.

Lo studio dell'accessibilità può, pertanto, essere funzionale a studiare assetti attuali o assetti futuri.

Per quanto riguarda gli assetti attuali può essere efficace per

a) *la analisi del grado di complementarietà o di ridondanza di un sistema aeroportuale.*

b) *la analisi di equità.*

Per quanto riguarda gli assetti futuri può essere efficace per lo studio de:

c) *la localizzazione ottima di un aeroporto¹ rispetto ad una specifica area geografica in assenza di altri aeroporti.*

È un problema di analisi competitiva tra differenti localizzazioni. La migliore posizione è quella più accessibile da un maggiore numero di utenti dell'area geografica di studio.

d) *La localizzazione ottima di un aeroporto in presenza di altri aeroporti attivi.*

Il problema può essere interpretato alla luce di un'ottica competitiva e/o di sistema.

Nell'ottica competitiva si cerca la posizione che consenta il massimo vantaggio competitivo rispetto all'aeroporto(i) esistente. È l'ottica di un'impresa aeroportuale o di una compagnia aerea che desidera entrare nel mercato in competizione con l'attuale offerta esistente. È chiaro che una tale ottica ha senso rispetto ad una scala territoriale nazionale e/o continentale.

Nell'ottica di sistema si cerca la posizione che consenta di garantire all'area geografica in esame la migliore accessibilità al sistema di trasporto aereo. In questo caso si può parlare di *un'analisi di complementarietà* più che di *competitività*.

Entrambe le analisi devono essere condotte tenendo conto dell'esistenza di un altro aeroporto.

¹ È bene chiarire che le possibili localizzazioni di un aeroporto dipendono innanzitutto da vincoli territoriali, ambientali e meteorologici. Non è un caso che nuovi aeroporti sono realizzati in corrispondenza di preesistenti superfici aeroportuali e/o campi volo civili e/o militari.

-
- e) *La analisi del grado di complementarità (o di ridondanza) di un sistema aeroportuale.*
- f) *La analisi di equità e di massima soddisfazione dell'area geografica di diretta influenza.*

Il questa ottica, l'elaborato propone la specificazione di differenti metodi per l'analisi delle problematiche legate alla pianificazione di un sistema di trasporto aeroportuale mediante l'utilizzo di indicatori di accessibilità.

Per ciascuna delle problematiche citate in precedenza, sono state implementate e confrontate differenti tipologie di misura di accessibilità.

L'approccio proposto è una metodologia molto operativa ed in grado di fornire indicazioni quantitative facilmente interpretabili e ottenibili in tempi ragionevoli e con costi moderati.

Sulla base delle premesse fatte, l'obiettivo prioritario, dal punto di vista metodologico è stato quello di valutare, per ciascuna problematica analizzata:

- 1) a quali risultati ciascun indicatore conduce;
- 2) se gli indicatori proposti forniscono risultati coerenti tra loro;
- 3) se è necessario utilizzare indicatori più o meno complessi.

La metodologia è stata implementata sul sistema aeroportuale regionale e rispetto all'area di studio rappresentata dalla Regione Campania.

Il sistema aeroportuale campano è rappresentato da tre aeroporti, Napoli Capodichino, Salerno Costa d'Amalfi e Grazzanise; il primo pienamente operativo, il secondo agli stadi iniziali di sviluppo come aeroporto civile, il terzo ancora in fase di valutazione. Il caso studio deve essere interpretato come un *test-bed*, con la consapevolezza che non tutte le analisi condotte hanno un significato operativo alla scala territoriale (regionale) oggetto di studio. Infine, lo studio è stato condotto con criteri esclusivamente territoriali, è stata valutata esclusivamente la posizione del sito, senza considerare i servizi offerti; una parziale eccezione è stata fatta per gli indicatori più sofisticati proposti, basati sui modelli di scelta comportamentale, in tal caso i servizi offerti sono implicitamente contenuti nei parametri di calibrazione, anche se non testati direttamente sul sistema aeroportuale investigato.

Il lavoro si articola in 4 capitoli: nel capitolo 1 di introduzione si propongono gli obiettivi del lavoro ed i criteri di utilizzo degli indicatori

di accessibilità, nel capitolo 2 si fa una panoramica sul trasporto aereo alle diverse scale territoriali mettendo in risalto le problematiche del pianificatore, nel capitolo 3 si scende nel dettaglio sulle varie tipologie di misure di accessibilità e sui relativi metodi di costruzione, nel capitolo 4 si utilizzano gli indicatori costruiti e si applicano a differenti scenari di un caso studio reale. Il capitolo 5 è dedicato alle conclusioni ed alla discussione dei risultati.

1 INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA: IL SISTEMA DI TRASPORTO AEREO

1.1 INTRODUZIONE

Nel corso degli ultimi anni si è assistito ad una progressiva trasformazione degli aeroporti da semplici infrastrutture adibite al trasporto aereo di passeggeri e merci a veri e propri sistemi economici complessi, gestiti secondo criteri di marketing.

Per dare un'idea dell'importanza del settore a livello economico e sociale, secondo dati dell'AEA (Association of European Airlines) l'aviazione crea in Europa oltre 4,2 milioni di posti di lavoro con un giro di affari indotto di oltre 235 miliardi di euro.

Il processo di progressivo passaggio da un criterio protezionistico atto a difendere in particolare le grandi compagnie di bandiera dalla concorrenza esterna ad un sistema sempre più aperto al libero mercato ha preso il via dall'aprile del 1978 in seguito alla promulgazione negli Stati Uniti dell'Airline Deregulation Act (ADA).

A partire dalla fine degli anni settanta si è quindi assistito ad una tendenza generalizzata alla riduzione dei costi per i passeggeri ed ad una gestione più razionale delle risorse da parte delle compagnie aeree americane non più nelle possibilità di scaricare gli elevati costi di gestione sulle elevate tariffe praticate. Un'altra tendenza importante è stata la comparsa di diversi competitor sulla scena, successivamente molte compagnie minori sono state assorbite dai mega-carriers, riportando il controllo pressoché totale del mercato nelle mani di poche compagnie principali.

In Europa, la tendenza alla liberalizzazione dei vettori e delle tariffe si è manifestata con una decina di anni di ritardo, con l'approvazione dell'Atto Unico Europeo nel febbraio del 1986, con il quale viene esteso al trasporto aereo il principio fondamentale del mercato comune.

Nel dicembre del 1987 è stato approvato dalla Commissione Europea il Primo pacchetto sulla riforma del trasporto aereo che ha introdotto minori restrizioni riguardo alle tariffe, alle offerte di volo ed ha aperto la possibilità ai nuovi competitor di entrare nel mercato.

Con il secondo ed il terzo pacchetto di misure tra la fine degli anni ottanta e la metà degli anni novanta sono state progressivamente liberalizzate sia le rotte che le tariffe; l'unica restrizione riguardava l'impossibilità per una compagnia di servire rotte domestiche di un altro Stato membro.

Dal 31 marzo 1997 tale restrizione è stata rimossa in seguito ad una nuova definizione del traffico cosiddetto di "cabotaggio" che comprende qualunque rotta interna alla Comunità Europea, al fianco di questa misura sono state completamente eliminate tutte le barriere ed i vincoli sulle tariffe, sancendo di fatto una completa liberalizzazione del settore.

Una delle conseguenze delle liberalizzazioni è stato il fenomeno dell'hubbing, ovvero la concentrazione spaziale e l'organizzazione temporale di una serie di voli provenienti da destinazioni spokes verso un hub di riferimento, l'insieme degli hub e degli spokes crea la rete hub and spokes.

Come prima approssimazione si può pensare ad un centro di una rete (hub) che attraverso i raggi collega i diversi spokes, sulla base di questa schematizzazione è intuitivo che un hub di riferimento deve avere una posizione geografica baricentrica per l'area di riferimento, oltre ad altre caratteristiche (Doganis, 2002; Bootsma, 1997) quali:

- elevata capacità delle infrastrutture aeroportuali;
- elevata capacità ambientale per consentire forti volumi di traffico;
- condizioni meteo favorevoli per un largo periodo dell'anno;
- elevata domanda di traffico in origine e destinazione da/per l'hub;
- la presenza di una compagnia che decida di operare con arrivi e partenze modulate nel tempo "ad onde".

Tra i vantaggi che offre una rete hub and spoke il più importante è rappresentato dal numero dei collegamenti origine-destinazione possibili a parità di voli effettuati: il numero N di coppie O/D è infatti dato dagli n collegamenti diretti (numero di spokes) più $n(n-1)/2$ collegamenti effettuati via hub.

Un ulteriore vantaggio per le compagnie è l'aumento della densità di traffico sui voli da e verso l'hub dovuta al concentramento dei passeggeri. Dal punto di vista degli utenti la possibilità di raggiungere diverse località di destinazione via hub può essere un vantaggio, ma il tempo e il comfort del viaggio sono penalizzati rispetto ad un collegamento diretto, inoltre, la possibilità di inconvenienti legati alla gestione dei bagagli è una variabile da tenere in considerazione. Dagli anni novanta in poi, ha assunto progressiva importanza l'affermazione

delle compagnie low-cost, tali vettori hanno strutturato la propria strategia sui collegamenti diretti a basso costo puntando sul maggiore sfruttamento degli aeromobili, minori costi di gestione amministrativa e maggiore sfruttamento degli spazi interni riducendo il comfort per i passeggeri.

I low-cost carriers si sono insediati sia sulle tratte secondarie, poco vantaggiose per le compagnie tradizionali sia sulle rotte più commercialmente sfruttate, rivolgendosi ad una clientela non business, che si sposta prevalentemente per motivi turistici; tuttavia nei periodi di crisi come quello degli ultimi anni, l'alternativa low-cost incontra anche il favore di una parte della clientela non leisure. La presenza di questa nuova categoria ha di fatto creato nuovi settori di mercato prima inesistenti, ma anche condizionato fortemente le compagnie tradizionali, soprattutto riguardo la politica tariffaria.

La presenza di un aeroporto ben gestito rappresenta da sempre una opportunità di crescita per una regione e un polo di attrazione per aziende di vario tipo che beneficiano della vicinanza dello stesso.

In seguito alla progressiva deregolamentazione dei voli internazionali e nazionali ed alla crescente tendenza alla privatizzazione delle imprese di gestione degli aeroporti, questi ultimi sono diventati collettori di grandi investimenti e fonte di notevoli guadagni, soprattutto sul medio e lungo termine per i gestori e le imprese che hanno saputo programmare in modo mirato sullo sviluppo e la specializzazione della sede aeroportuale.

Allo stadio attuale, lo scopo fondamentale delle società di gestione è quello di predisporre al meglio la struttura aeroportuale in modo da attrarre la presenza dei vettori di trasporto, che forniscono il servizio principale ai clienti, ovvero l'offerta di volo, e le altre società che forniscono servizi secondari correlati (logistica, amministrazione, gestione dei locali) o servizi ausiliari, quasi sempre di tipo commerciale, sfruttando la capacità dell'aeroporto di proporsi come polo di attrazione di potenziali consumatori. Nei principali hub europei la componente delle entrate dovute ad attività non direttamente correlabili con gli spostamenti aerei rappresentano spesso più della metà delle entrate totali, a conferma dell'importanza assunta dall'aeroporto come polo commerciale. Ai fini della massimizzazione del profitto, della corretta utilizzazione delle strutture e al fine di migliorare il livello di servizio offerto ai viaggiatori, gli aeroporti stringono rapporti di collaborazione con altri aeroporti, società di trasporto aereo, operatori di logistica, enti nazionali e regionali, operatori commerciali e turistici.

1.2 INTERAZIONE TRA AEROPORTI E TERRITORIO

I sistemi di trasporto hanno da sempre svolto un ruolo non neutro rispetto allo sviluppo di un territorio ed all'insediamento di attività produttive. Il ruolo che giocavano in passato autostrade, strade di grande comunicazione e ferrovie è ora ricoperto, in misura crescente, da aeroporti e sistemi integrati di trasporto multimodale (interporti).

Un aeroporto può avere un impatto notevole in considerazione del fatto che la velocità di scambio di opportunità di vario tipo, merci, informazioni e conoscenze risulta massima. L'insediamento e lo sviluppo di una sede aeroportuale può generare nuove opportunità di sviluppo e potenziare quelle preesistenti, di contro, lo sviluppo stesso di una sede aeroportuale dipende dalle potenzialità intrinseche del territorio e dal sistema di comunicazioni che il territorio può mettere a disposizione dell'aeroporto.

In generale, si può assumere che un aeroporto rappresenti una fonte di opportunità quale attività economica indipendente (compagnie aeree, logistica, attività commerciali, ecc.) e quale infrastruttura di trasporto in grado di movimentare rapidamente merci e persone che si spostano per affari e per turismo, valorizzando il potenziale economico di tutto il contesto dell'area considerata.

Per citare alcuni numeri indicativi dell'importanza del trasporto aereo basta ricordare che nel mondo si spostano 1,700 milioni di passeggeri all'anno, ci sono ricavi complessivi per un trilione di dollari (miliardo di milioni) e il settore produce 13,5 milioni di occupati determinando circa il 2,4 del GDP mondiale. In Italia, su base annuale, si registrano circa 1,420,000 movimenti e quasi 123 milioni di passeggeri.

In fig. 1.1 risalta che la crescita dei ricavi del trasporto aereo passeggeri aumenta in misura doppia rispetto alla crescita del GDP mondiale; in fig 1.2 sono riportati i ricavi del trasporto aereo nel mondo e vari scenari ipotizzati per il futuro fino al 2030.

L'Italia, nel 2011, si conferma al quarto posto in Europa per volumi di traffico con 148 milioni di passeggeri (dati ENAC).

Gli effetti indotti sono quindi puntuali se si considera la concentrazione di attività, capitali e redditi che si movimentano all'interno della sede

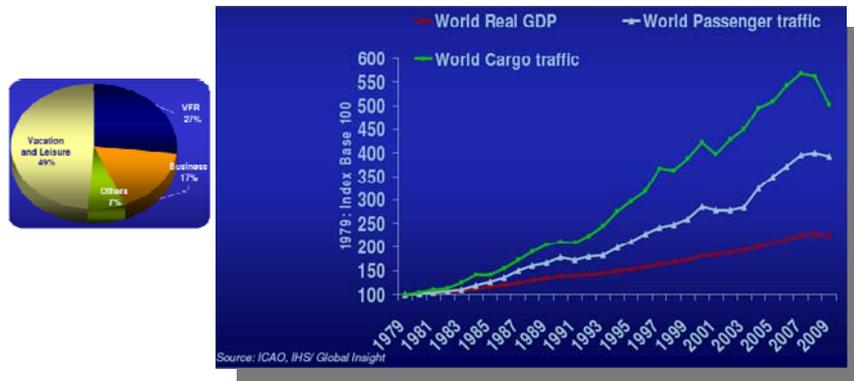


Figura 1.1 Andamento dei ricavi del trasporto aereo in relazione al PIL mondiale e suddivisione percentuale per settori

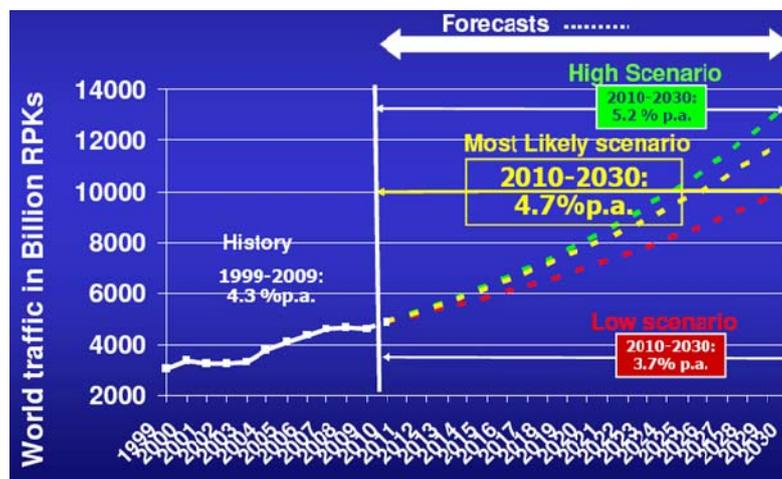


Figura 1.2 Ricavi del trasporto aereo nel mondo (per km/passeggero) e scenari ipotizzati fino al 2030

aeroportuale, in seguito alle opportunità di lavoro create direttamente da compagnie aeree, società di servizi ed attività commerciali.

Si sviluppano, inoltre, una serie di effetti di tipo areale, dovuti all'insediamento di attività sul territorio che beneficiano in modo diretto o indiretto della presenza dell'aeroporto, quali aziende che si posizionano nelle vicinanze per trarre i vantaggi di rapide movimentazioni di merci e/o informazioni, complessi alberghieri ed attività commerciali di vario tipo che forniscono beni e servizi al personale impiegato nell'area, ai viaggiatori per affari ed ai turisti che scelgono l'aeroporto per raggiungere le località circostanti.

Le attività correlate direttamente o indirettamente alla presenza dell'aeroporto, interne ed esterne alla sede, generano, a loro volta, un impatto sull'economia locale e regionale. Ovviamente, gli effetti diretti ed indiretti sono proporzionali al potenziale economico, industriale, demografico e turistico della zona considerata, dipendono inoltre dalle politiche attuate a livello locale per lo sviluppo della sede aeroportuale nel contesto generale di crescita economica e sociale.

Nel dettaglio, vengono definite le seguenti tipologie di impatto economico sul territorio:

- *impatto diretto*, è l'impatto economico derivante dalle attività che forniscono servizi ai passeggeri e alle merci all'interno dell'aeroporto;
- *impatto indiretto*, è quello generato da attività economiche situate all'esterno della sede aeroportuale ma strettamente connesse con le attività svolte all'interno, come ad esempio le agenzie di viaggio, gli alberghi, i ristoranti, le attrazioni turistiche e tutte le attività che servono gli utilizzatori dell'aeroporto;
- *impatto indotto*, è l'impatto economico generato dagli effetti moltiplicativi degli impatti diretto ed indiretto, si tratta degli incrementi di occupazione e di salari generati dai giri di spesa derivanti dalle combinazioni degli impatti definiti in precedenza, è denominato anche "*keynesiano*";
- *impatto catalitico* è l'impatto dinamico costituito dagli effetti economici attivati dalle imprese che decidono di insediarsi nell'area, attratte dalle accresciute potenzialità, soprattutto in termini di accessibilità ed opportunità garantite.
- *impatto globale* è la somma degli impatti diretto, indiretto, indotto e catalitico.

Il settore del trasporto aereo in Italia genera complessivamente circa 500 mila addetti tra diretti e indotti per un valore aggiunto di circa 15 miliardi di euro all'anno, con investimenti medi di circa 5 miliardi di euro all'anno

e ricavi per circa 3 miliardi di euro all'anno (dati ENAC).

In una recente indagine condotta da SRM, anche mediante specifiche interviste ai principali componenti dell'Advisory Board è riportato quanto segue: *“È opinione comune che un aeroporto, di per sé stesso, sia un elemento di lancio e rilancio dell'economia locale e che, da solo, possa dare valore aggiunto allo sviluppo economico del territorio. L'equazione non è così semplice. Difatti non è vero che un aeroporto possa, da solo, rappresentare il volano di un'economia, ma è semmai vero che, per un'area che sta già manifestando dinamismo nell'ambito commerciale, industriale o turistico esso possa essere un volano moltiplicatore. Nel nostro Paese non sono molti gli aeroporti che possono essere cardine fondamentale del sistema economico”*.

Da un recente studio sui sistemi di trasporto in Italia condotto dall'Istituto Nazionale Ricerche Turistiche sulla connessione tra aeroporti e destinazioni turistiche, emerge che è fondamentale la connessione degli aeroporti regionali con i mezzi di trasporto locale, soprattutto quando si analizza l'accessibilità che un aeroporto può garantire al suo land-side a utenti provenienti da destinazioni esterne (air-side), in particolare per spostamenti *leisure*. Particolarmente interessante, al proposito, è il tipo di indicatore utilizzato, ovvero la misura espressa in km/minuto per raggiungere le destinazioni finali dall'aeroporto considerato.

Secondo una recente (2010) classificazione ufficiale degli aeroporti italiani adottata dall'Enac, gli scali sono definiti in ordine di importanza come:

- aeroporti strategici (14)
- aeroporti primari (10)
- aeroporti complementari (24)

Alla prima categoria appartengono gli aeroporti che rispondono efficacemente alla domanda di trasporto aereo di ampi bacini di traffico e che sono in grado di garantire nel tempo tale funzione, per capacità delle infrastrutture, sostenibilità ambientale e grado di accessibilità.

Gli aeroporti primari, a prescindere dal volume di traffico, non risultano possedere i requisiti di scali strategici a causa di varie limitazioni fra le quali i vincoli ambientali, l'accessibilità inadeguata ed ostacoli allo sviluppo delle infrastrutture.

Gli aeroporti complementari, sulla base della ridotta estensione dei relativi bacini di traffico, risultano rispondere ad una domanda di scala locale, in zone remote o non adeguatamente servite da altri scali e pertanto, svolgono un servizio complementare nella rete. Nuovo impulso

per gli aeroporti *regionali* (con meno di 5 milioni di passeggeri/anno) che hanno conosciuto negli ultimi venti anni, una progressiva crescita di importanza, è stato fornito dalle compagnie *low-cost* e dai *regional jet*.

In fig. 1.3 è riportata una graduatoria degli aeroporti italiani per traffico commerciale oltre ad una ripartizione per macroaree geografiche relative all'anno 2010.

Nel documento di pianificazione aeroportuale del 2011 redatto dall'ENAC è prevista, per il 2025, la presenza sul territorio nazionale di 42 aeroporti di cui 24 Aeroporti Principali e 18 Aeroporti di Servizio.

La Commissione Europea ha previsto la nuova rete Ten-T, che consta di complessivi 33 aeroporti sul territorio nazionale, tale rete è a sua volta articolata in una Core Network, comprendente 10 dei 33 aeroporti ed in una Comprehensive Network che ingloba gli altri 23 scali.

In quest'ottica, gli Aeroporti Principali, oltre a soddisfare i requisiti di volume di traffico e di numero di collegamenti internazionali previsti, sono compresi nella rete europea Ten-T.

Il fenomeno low-cost, spesso fortemente correlato con gli aeroporti complementari o lontani dai grandi centri, dove le tariffe minori permettono alle compagnie di praticare prezzi più competitivi ha fatto registrare in pochi anni un aumento esponenziale del traffico in alcuni scali specializzati (Roma Ciampino, Orio al Serio, Alghero ecc.); molte regioni italiane ed europee, hanno quindi potuto sfruttare le potenzialità turistiche di aree fino a quel momento periferiche e poco accessibili.

La competitività dei prezzi e la accresciuta accessibilità hanno permesso in molti casi di prolungare la durata della stagione turistica e conseguentemente di ridurre anche gli indici di stagionalità dei flussi di traffico aeroportuale.

I regional jet sono aerei equipaggiati con motore a getto e capacità compresa tra 30 e 100 posti (Savage e Scott, 2004); sono particolarmente convenienti nei collegamenti tra aeroporti secondari o tra hub ed aeroporti secondari, anche grazie alla possibilità di atterraggio e decollo in piste di lunghezza limitata (inferiore ai 2000 metri).

L'andamento del traffico aereo in Italia è comunque fortemente stagionale, come evidenziato in fig. 1.4 dove il picco massimo è sempre in corrispondenza del periodo di ferragosto, nell'andamento della curva relativa all'anno 2010 si evidenzia la flessione in corrispondenza dell'eruzione vulcanica verificatasi in Islanda nel mese di Aprile, a conferma della dipendenza del traffico anche da eventi di vario tipo (climatico, politico ecc.).

Nelle figure 1.5 e 1.6 sono riportati i movimenti registrati in tutti gli aeroporti italiani relativi agli anni 2010 e 2011 con le ripartizioni percentuali tra traffico nazionale ed internazionale, in figura 1.7 è riportata una schematica classificazione degli scali italiani, secondo i criteri validi a livello nazionale ed europeo, nelle figure 1.8 e 1.9 è riportata invece la collocazione geografica degli scali secondo i due criteri di classificazione evidenziati sopra (dati ENAC Rapporto 2011).

AEROPORTI PER VOLUMI DI TRAFFICO (2010)

1	Roma FCO	24	Trieste
2	Milano MPX	25	Forlì
3	Milano LIN	26	Rimini
4	Bergamo	27	Reggio Calabria
5	Venezia	28	Ancona
6	Catania	29	Pescara
7	Napoli	30	Parma
8	Bologna	31	Cuneo
9	Roma CIA	32	Brescia
10	Palermo	33	Lampedusa
11	Pisa	34	Pantelleria
12	Torino	35	Perugia
13	Cagliari	36	Crotone
14	Bari	37	Foggia
15	Verona	38	Tortoli
16	Treviso	39	Elba
17	Lamezia T.	40	Grosseto
18	Firenze	41	Bolzano
19	Trapani	42	Taranto
20	Olbia	43	Siena
21	Brindisi	44	Salerno
22	Alghero	45	Aosta
23	Genova	46	Albenga
		47	Comiso

Area di riferimento	Popolazione* abitanti	PIL* €/abitante	Traffico* aereo passeggeri
● Nord Ovest	15.375.808	31.034	39.651.423
● Nord Est	7.465.333	29.965	12.754.041
● Centro Nord	8.799.887	29.472	11.890.068
● Centro	8.769.318	27.990	40.106.157
● Sud	19.181.944	17.105	28.504.539
TOTALE ITALIA	59.619.290	25.921	132.900.228

* Dati 2008

Figura 1.3 Il traffico commerciale in Italia per aeroporto e aree di riferimento (Rapporto ENAC 2010)

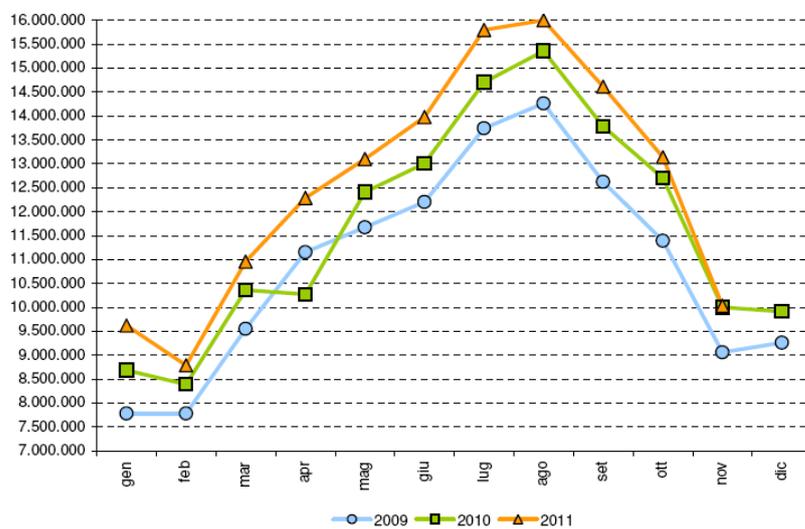


Figura 1.4 Trasporto aereo di passeggeri anni 2009-2011 aggiornati al novembre 2011.
 Dati Assaeroporti – Fonte: www.ontit.it

AEROPORTO	Totale movimenti (numero)	Variazione 2009/2010 (%)	Incidenza sul totale (%)	Ripartizione (%)	
				Nazionale	Internazionale
1 ROMA FIUMICINO	329.252	3,3	23,0	41,4	58,6
2 MILANO MALPENSA	189.580	3,5	13,2	18,8	81,2
3 MILANO LINATE	91.907	-2,0	6,4	64,0	36,0
4 VENEZIA	72.763	-0,4	5,1	29,0	71,0
5 BERGAMO	67.167	6,3	4,7	28,6	71,4
6 BOLOGNA	64.193	8,8	4,5	28,8	71,2
7 CATANIA	57.249	3,5	4,0	79,5	20,5
8 NAPOLI	55.914	-2,0	3,9	62,7	37,3
9 ROMA CIAMPINO	47.749	39,3	3,3	30,9	69,1
10 PALERMO	46.569	-5,7	3,2	87,3	12,7
11 TORINO	43.769	-5,1	3,1	52,0	48,0
12 PISA	36.339	0,8	2,5	28,1	71,9
13 CAGLIARI	34.517	-4,3	2,4	80,4	19,6
14 VERONA	33.280	-3,5	2,3	40,4	59,6
15 BARI	33.184	14,9	2,3	72,6	27,4
16 FIRENZE	24.244	-11,3	1,7	16,1	83,9
17 OLBIA	23.723	16,1	1,7	61,2	38,8
18 TREVISO	18.086	19,8	1,3	20,7	79,3
19 LAMEZIA TERME	16.797	10,0	1,2	86,0	14,0
20 GENOVA	16.763	3,5	1,2	57,0	43,0
21 TRAPANI	14.560	47,6	1,0	65,7	34,3
22 BRINDISI	13.909	30,8	1,0	82,0	18,0
23 ALGHERO	13.752	-7,6	1,0	72,6	27,4
24 ANCONA	12.717	11,6	0,9	53,7	46,3
25 TRIESTE	10.880	-6,1	0,8	52,3	47,7
26 RIMINI	8.215	29,5	0,6	25,9	74,1
27 FORLI	6.848	14,8	0,5	46,0	54,0
28 BRESCIA	6.258	-13,3	0,4	83,4	16,6
29 REGGIO CALABRIA	5.772	-4,5	0,4	87,1	12,9
30 PESCARA	5.677	-15,7	0,4	58,2	41,8
31 PARMA	4.896	-8,3	0,3	76,9	23,1
32 FOGGIA	4.443	-5,4	0,3	95,2	4,8
33 PANTELLERIA	4.040	14,8	0,3	99,0	1,0
34 LAMPEDUSA	2.837	-24,1	0,2	99,3	0,7
35 CUNEO	2.755	94,3	0,2	51,7	48,3
36 PERUGIA	2.626	-21,1	0,2	46,9	53,1
37 BOLZANO	2.472	-1,5	0,2	98,2	1,8
38 CROTONE	2.472	132,3	0,2	100,0	0,0
39 ALBENGA	1.137	150,4	0,1	48,1	51,9
40 GROSSETO	1.094	34,1	0,1	100,0	0,0
41 SALERNO	1.049	123,7	0,1	83,9	16,1
42 ORISTANO	580	-	0,0	100,0	0,0
43 SIENA	514	4,9	0,0	55,6	44,4
44 ELBA	445	-10,6	0,0	24,9	75,1
45 TARANTO TORTOLI	228	17,5	0,0	47,4	52,6
46					
DATI NON PERVENUTI					
TOTALE	1.433.221	3,7	100,0	45,9	54,1

Figura 1.5 Graduatoria degli scali italiani 2010 in base al numero totale di movimenti aerei commerciali (fonte ENAC)

AEROPORTO		Totale movimenti (numero)	Variazione 2010/2011 (%)	Incidenza sul totale (%)	Ripartizione (%)	
					Nazionale	Internazionale
1	ROMA FIUMICINO	328.482	-0,2	22,6	40,1	59,9
2	MILANO MALPENSA	186.780	-1,5	12,9	19,6	80,4
3	MILANO LINATE	94.547	2,9	6,5	60,0	40,0
4	VENEZIA	83.130	14,2	5,7	26,1	73,9
5	BERGAMO	69.435	3,4	4,8	30,6	69,4
6	BOLOGNA	64.096	-0,2	4,4	29,6	70,4
7	CATANIA	60.001	4,8	4,1	80,3	19,7
8	NAPOLI	55.028	-1,6	3,8	61,2	38,8
9	ROMA CIAMPINO	50.557	5,9	3,5	35,2	64,8
10	PALERMO	47.941	2,9	3,3	84,9	15,1
11	TORINO	43.649	-0,3	3,0	52,5	47,5
12	PISA	41.587	14,4	2,9	36,8	63,2
13	VERONA	34.244	2,9	2,4	38,0	62,0
14	BARI	33.969	2,4	2,3	70,7	29,3
15	CAGLIARI	33.961	-1,6	2,3	80,7	19,3
16	FIRENZE	27.682	14,2	1,9	16,6	83,4
17	OLBIA	22.284	-6,1	1,5	62,5	37,5
18	LAMEZIA TERME	18.686	11,2	1,3	81,9	18,1
19	GENOVA	17.594	5,0	1,2	54,3	45,7
20	BRINDISI	16.823	21,0	1,2	81,2	18,8
21	ALGHERO	13.727	-0,2	0,9	72,9	27,1
22	TRAPANI	13.159	-9,6	0,9	68,2	31,8
23	TRIESTE	12.262	12,7	0,8	55,1	44,9
24	ANCONA	11.790	-7,3	0,8	48,9	51,1
25	RIMINI	9.827	19,6	0,7	39,2	60,8
26	TREVISO	8.681	-52,0	0,6	21,2	78,8
27	REGGIO CALABRIA	5.697	-1,3	0,4	94,8	5,2
28	PESCARA	5.084	-10,4	0,4	51,0	49,0
29	PARMA	4.663	-4,8	0,3	78,5	21,5
30	BRESCIA	4.173	-33,3	0,3	89,2	10,8
31	PANTELLERIA	4.077	0,9	0,3	98,9	1,1
32	LAMPEDUSA	3.880	36,8	0,3	99,5	0,5
33	FOGGIA	3.566	-19,7	0,2	98,0	2,0
34	FORLI	3.371	-50,8	0,2	25,2	74,8
35	SALERNO	2.644	152,0	0,2	83,8	16,2
36	CROTONE	2.539	2,7	0,2	99,5	0,5
37	BOLZANO	2.440	-1,3	0,2	97,5	2,5
38	PERUGIA	2.412	-8,1	0,2	44,4	55,6
39	CUNEO	1.924	-30,2	0,1	31,2	68,8
40	ALBENGA	1.255	10,4	0,1	51,6	48,4
41	GROSSETO	1.082	-1,1	0,1	94,8	5,2
42	ELBA	718	61,3	0,0	44,0	56,0
43	SIENA	597	16,1	0,0	54,8	45,2
44	TARANTO	208	-8,8	0,0	47,6	52,4
45	AOSTA	64	-	0,0	50,0	50,0
46	BIELLA	26	-	0,0	46,2	53,8
TOTALE		1.450.342	1,2	100,0	45,7	54,3

Figura 1.6 Graduatoria degli scali italiani 2011 in base al numero totale di movimenti aerei commerciali (fonte ENAC)

Rete Nazionale		Rete Ten-T	
		Core Network	Comprehensive Network
Aeroporti Principali 24	1	Alghero	•
	2	Bari	•
	3	Bergamo	•
	4	Bologna	•
	5	Brindisi	•
	6	Cagliari	•
	7	Catania	•
	8	Firenze	•
	9	Genova	•
	10	Lamezia Terme	•
	11	Milano Linate	•
	12	Milano Malpensa	•
	13	Napoli Capodichino	•
	14	Olbia	•
	15	Palermo	•
	16	Pisa	•
	17	Roma Ciampino	•
	18	Roma Fiumicino	•
	19	Torino	•
	20	Trapani	•
	21	Treviso	•
	22	Trieste	•
	23	Venezia	•
	24	Verona	•

Rete Nazionale		Rete Ten-T	
		Core Network	Comprehensive Network
Aeroporti di Servizio 18	25	Ancona	•
	26	Aosta	
	27	Brescia	•
	28	Bolzano	•
	29	Comiso	
	30	Crotone	
	31	Cuneo	
	32	Foggia	•
	33	Forlì	•
	34	Lampedusa	•
	35	Pantelleria	•
	36	Parma	
	37	Perugia	
	38	Pescara	•
	39	Reggio Calabria	•
	40	Rimini	
	41	Salerno	
	42	Taranto	

Figura 1.7 La rete aeroportuale nazionale – la nuova rete Ten-T proposta dalla Commissione Europea (Rapporto ENAC 2011)



Figura 1.8 La rete aeroportuale nazionale (Fonte: Rapporto Enac 2011)



Figura 1.9 La nuova rete Ten-T proposta dalla Commissione Europea (Fonte: Rapporto Enac 2011)

1.3 ESIGENZE E PROBLEMATICHE DEL TRASPORTO AEREO

Data l'importanza del settore del trasporto aereo, sia a scala globale che a scala nazionale e regionale, di cui si è fatta una descrizione nei precedenti paragrafi, risulta evidente che individuare le criticità del sistema in uno

scenario attuale e pianificare correttamente per una configurazione futura che risponda ai requisiti di efficacia ed efficienza è una questione non banale.

Le tematiche di interesse del pianificatore dei sistemi di trasporto sono l'individuazione dei punti di debolezza dello scenario attuale e la scelta corretta del tipo e della grandezza degli interventi previsti.

Le criticità del sistema possono essere superate mediante la costruzione di un nuovo aeroporto, l'ampliamento di uno esistente e/o tramite il potenziamento del livello di servizi offerti.

I soggetti interessati con i quali il pianificatore dovrà interagire saranno prevalentemente decisori pubblici nel caso di interventi strutturali sul territorio predisposti in una pianificazione strategica o prevalentemente decisori privati nel caso di un potenziamento dei servizi offerti in un contesto di pianificazione tattica.

Le problematiche da affrontare in uno scenario attuale sono rappresentate dalla valutazione della competizione tra gli scali esistenti e dalla determinazione del grado di disponibilità, ridondanza ed equità di accesso al sistema di trasporto aereo.

In prospettiva futura, può essere condotto un confronto esclusivamente su base territoriale, individuando le aree in cui la competizione è solo tra i potenziali siti individuati. Si possono inoltre confrontare aeroporti esistenti per analisi di competizione, complementarietà, ridondanza e sussidiarietà.

- L'analisi di competizione individua l'aeroporto o il sito aeroportuale più favorevole per un eventuale investimento,
- l'analisi di complementarietà può essere condotta su base territoriale o di servizio offerto, il sistema può offrire una copertura omogenea al territorio di riferimento o può garantire una diversificazione dei servizi (es. compagnie tradizionali, low cost) al proprio land-side,
- l'analisi di ridondanza individua quante opportunità sono offerte da più di un sito aeroportuale, le opportunità di questo tipo possono essere sussidiarie se necessarie a integrare la domanda o non necessarie e quindi ridondanti.

Per rispondere a tali problematiche gli indicatori di accessibilità forniscono una risposta quantitativa a differente grado di complessità a seconda del tipo di misura eseguita.

Nel caso di indicatori semplici, basati sul tempo di accesso, si possono effettuare tutti i tipi di analisi viste sopra con tempi e costi di lavoro

limitati, per analisi più approfondite, sono necessarie le calibrazioni dei parametri degli attributi significativi che prevedono tempi e costi di esecuzione superiori.

La prima analisi sulla competitività dei diversi siti dove realizzare un aeroporto è condotta mediante criteri esclusivamente geografici, ovvero un sito è valutato sulla base della potenzialità demografica, delle attività presenti nel suo intorno e del grado di connessione con altre porzioni del territorio. Solo in una seconda fase si tiene conto della presenza di un sistema aeroportuale pre-esistente e si studia l'interazione dei siti considerati con i terminali già esistenti. Infine, si studia la configurazione ipotizzata del sistema risultante dagli scali consolidati e dagli scali di nuova costituzione rispetto ai criteri sopra definiti di complementarità, ridondanza e sussidiarietà.

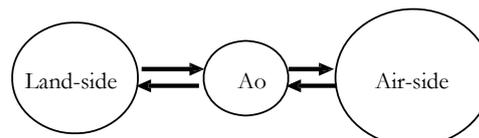
L'approccio appena descritto è stato applicato nel presente lavoro al caso reale del sistema aeroportuale campano (cfr. cap 4).

1.4 FORMALIZZAZIONE DEL PROBLEMA

Misurare l'accessibilità vuol dire quantificare la facilità con cui un utente può accedere alle opportunità, beni e servizi presenti sul territorio nei tempi e nelle modalità desiderate.

Partendo dalle definizioni generali, si può sviluppare ed articolare il concetto di accessibilità nel caso del trasporto aereo.

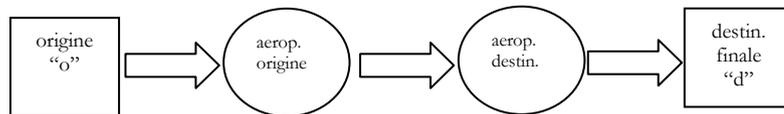
Il bacino di origine dello spostamento in cui i potenziali utenti percepiscono la presenza dell'aeroporto come porta di accesso verso l'esterno è definito land-side, l'insieme delle possibili destinazioni esterne raggiungibili attraverso l'aeroporto considerato è definito air-side.



L'insieme delle destinazioni è detto bacino di destinazione (BD), l'insieme degli aeroporti di destinazione è detto sistema aeroportuale di destinazione (SAD).

Si può pertanto schematizzare lo spostamento aereo suddividendolo in tre fasi fondamentali:

- (a) origine dello spostamento – aeroporto di origine;
- (b) aeroporto di origine – aeroporto di destinazione;
- (c) aeroporto di destinazione – destinazione finale del viaggio.



È quindi di interesse lo studio di tre tipologie fondamentali di accessibilità:

- *accessibilità passiva di A_{or}* : $ACC_{BO-A_{or}}$
 rappresenta la raggiungibilità trasportistica in accesso/egresso dell'aeroporto, essa è funzione del livello di servizio offerto dai sistemi di trasporto in accesso all'aeroporto e delle caratteristiche socio-economiche (potenziale di interazione) delle zone di origine dello spostamento.

- *accessibilità attiva garantita da A_{or}* : $ACC_{BO,d} / ACC_{BO,BD}$
 è l'accessibilità garantita da A_{or} al proprio bacino di origine (BO); in questo caso il valore dell'indicatore dipende dalla raggiungibilità dell'aeroporto dall'origine dello spostamento, dall'accessibilità garantita verso l'aeroporto di possibile destinazione, dall'accessibilità in egresso dall'aeroporto di origine verso la destinazione finale del viaggio. È funzione, inoltre, delle caratteristiche socio-economiche delle zone di origine (potenziale di interazione) e delle zone di destinazione (potenziale di attrazione).

- *accessibilità passiva garantita da A_{or}* : $ACC_{AS,d} / ACC_{AS,BO}$
 è la raggiungibilità che un aeroporto A_{or} garantisce ad una zona

appartenente al proprio bacino di origine rispetto agli spostamenti che traggono origine in una qualsiasi zona appartenente all'air-side. Dipende dalla raggiungibilità dell'aeroporto di destinazione, dal livello di servizio disponibile tra gli aeroporti di destinazione (SAD) e l'aeroporto A_{or} , dai servizi offerti in egresso da A_{or} e dalle caratteristiche socio-economiche delle origini e delle destinazioni dello spostamento (potenziale di interazione ed attrazione).

Il problema della misura dell'accessibilità nel trasporto aereo, come nel caso generale, è funzione dei metodi di misura delle singole componenti o funzioni di misura, delle variabili significative e degli attributi che le definiscono; l'approccio metodologico che definisce la funzione matematica f , può essere scelto tra quelli proposti nel capitolo riguardante le definizioni generali ed i primi approcci quantitativi.

1.5 STATO DELL'ARTE

La scomposizione dello spostamento nel trasporto aereo in tre componenti fondamentali, visto nel precedente paragrafo, si ritrova di frequente nella bibliografia presa come riferimento. Alcuni autori si soffermano, in particolare, sui problemi di accessibilità attiva garantita da un aeroporto al suo bacino di origine e alle destinazioni minori servite, questo è in particolare il caso di studi condotti per verificare il potenziale di grandi hub internazionali come Milano Malpensa.

Altri autori, si soffermano sulla componente regionale dello spostamento, individuando soprattutto l'incidenza dei costi generalizzati determinati da tariffe varie, tempi di spostamento e livelli di servizio offerti in accesso/egresso dall'aeroporto: questo approccio studia quella che viene indicata come accessibilità passiva garantita da un aeroporto al suo bacino di origine.

In uno studio condotto dal CERTeT è stata valutata l'accessibilità intercontinentale passeggeri di Milano Malpensa e messa a confronto con quelle dei principali hub europei, l'indicatore scelto ha tenuto conto dell'importanza attribuita alle destinazioni e di una funzione crescente della frequenza v_x dei voli, attraverso una rappresentazione dell'utilità associata espressa in maniera probabilistica.

L'espressione analitica rappresentativa è la seguente:

$$Acc_n = \sum W_x f(v_x);$$

dove W_x è l'importanza attribuita alle destinazioni e $f(v_x)$ è una funzione della frequenza dei voli.

L'accessibilità attiva garantita dai principali scali europei è stata studiata anche da Reynolds-Feighan A. – Mc Lay P. (2006) attraverso misure di tipo potenziale.

L'indicatore numerico proposto è:

$$Acc^{mn} = \sum (n_p)_{ij} (w)_j \quad \text{dove}$$

n_p = numero totale di posti di tutti i voli dall'origine i alla destinazione j ;

w_j = peso di ogni singolo aeroporto di destinazione, dipendente dal numero di aeroporti disponibili e dal rango dell'aeroporto

$$w = (N - (r_i - 1)) / N$$

N = numero totale di aeroporti nella regione; r_i = rango dell'aeroporto in questione

In uno studio condotto dall'Università di Rotterdam denominato BOB Airport Accessibility Pilot (2003) sono stati introdotti indicatori sulla ripartizione modale dei trasporti, indicatori correlati al trasporto pubblico (disponibilità, tempi costi), indicatori correlati al trasporto privato (posti di parcheggio, tempi, costi).

Le variabili utilizzate sono i tempi di spostamento in auto in picco e fuori picco, i tempi di spostamento con mezzi pubblici, il numero di parcheggi disponibili e di addetti interni, si tratta pertanto di variabili che esprimono il grado di raggiungibilità trasportistica e quindi l'accessibilità passiva di un aeroporto.

In alcuni lavori quali Evaluating locational accessibility to US air transportation system (2009) Matisziw T.C., Grubescic T.H. si tiene in considerazione il costo del viaggio, combinato con misure di soglia e relazioni topologiche, tali misure possono essere ritenute di tipo misto non solo dal punto di vista metodologico ma anche funzionale perché si riferiscono in parte allo spostamento aereo e quindi all'accessibilità attiva che un aeroporto garantisce ed in parte al livello di servizio in accesso/egresso e quindi all'accessibilità passiva. L'indicatore è espresso come:

$$V_{ib} = (\sum_j \alpha_j / \delta_{ij}) + (\sum_m f_m / \gamma_{imb}) \quad \text{dove:}$$

α_j = livello di servizio offerto dalla struttura j ; δ_{ij} = costo dell'accesso di viaggio tra il punto i e la struttura della rete di servizi j ; f_m = livello di servizi mantenuti sull'arco m ; γ_{imb} = costo di viaggio dal punto i via arco m data la soglia di accesso b .

Yamaguchi K. (2006) analizza la performance del trasporto aereo interno utilizzando misure di tipo gravitativo per valutare l'accessibilità attiva garantita da un generico aeroporto regionale, anche in confronto con altre tipologie di trasporto disponibili.

L'indicatore numerico è:

$$Acc_{ijt} = S_{ijt} | \ln y_{it} - \ln y_{jt} | / \ln GV_{ist} \quad \text{dove}$$

GV_{ijt} = costo del trasporto aereo tra le prefetture di origine e destinazione, pesato anche in funzione del tempo di viaggio; $| \ln y_{it} - \ln y_{jt} |$ = misura il livello economico di origine e destinazione; S_{ijt} = percentuale di trasporto aereo; $GV_{ijt} = P_{ijt} + W_t (T_{ijt} - \omega \ln F_{ijt})$; P_{ijt} = media biglietto aereo da i a j ; W_t = valore medio del salario nell'anno t ; T_{ijt} = tempo medio di viaggio; F_{ijt} = frequenza del trasporto da j a i nell'anno t ; y_{it} e y_{jt} = redditi pro capite medi anno t .

Un indicatore che tiene in considerazione sia la componente attiva che quella passiva dell'accessibilità garantita da un aeroporto è quello proposto da Shi J., Ying X. (2008), in quanto tiene conto di tutte le componenti del costo di accesso all'aeroporto oltre che della tariffa aerea.

L'indicatore numerico è:

$$Acc^{mn} = (\sum_k P_m^{mnk} 8\alpha_n) / CA^{mnk} \quad \text{dove}$$

$8\alpha_n$ = reddito giornaliero di ciascun passeggero; CA^{mnk} = costo di accesso dato da costo di tempo di fatica e della tariffa della persona del gruppo n , luogo m e modo di trasporto k ; P = probabilità; Per^{mn} = percentuale delle persone appartenenti al gruppo n che si spostano dall'origine m .

1.6 IL TRASPORTO AEREO NEL SUD ITALIA E IN CAMPANIA

Nel meridione d'Italia esiste attualmente una rete di aeroporti ben sviluppata e uniformemente distribuita sul territorio. Diverso è invece, il discorso relativo all'efficienza e soprattutto alla pianificazione e alla integrazione tra i diversi aeroporti del Sud.

Lo sviluppo del traffico commerciale è in particolare concentrato nei tre principali aeroporti, ovvero Catania, Napoli e Palermo. La rete degli aeroporti meridionali risente della marginalità rispetto alle rotte internazionali ed i due hub nazionali (Roma Fiumicino e Milano Malpensa) sono ubicati in prossimità di centri con potenziale demografico ed economico decisamente superiore agli standard del meridione.

Ciò nonostante, il potenziale di sviluppo è importante, tenendo conto in particolare di due fattori:

- a. la vocazione turistica di molti luoghi del Sud Italia, che attrae turisti in particolare dalle regioni dell'Italia Settentrionale e del Centro e Nord Europa;
- b. il potenziale strategico per le rotte da e verso il Far East, in continua crescita come movimento passeggeri e merci.

Per sfruttare al meglio queste potenzialità sono necessari però diversi interventi per adeguare le strutture air-side e land-side alle crescenti domande di movimento, migliorare l'accessibilità dei diversi scali in modo che dispongano di una adeguata catchment area e collegare le sedi aeroportuali con le altre modalità di trasporto in modo da creare una efficiente rete multimodale sia per i passeggeri che per le merci.

Nella Regione Campania, come risulta da studi specifici di settore, come quello condotto dalla Associazione Studi e Ricerche per il Mezzogiorno (2008), lo scalo di Napoli Capodichino, da solo, risulta insufficiente a soddisfare la crescente domanda per varie ragioni, in particolare, la limitata possibilità di espansione fisica della sede aeroportuale e la vicinanza con il centro urbano che genera problemi di tipo ambientale, in particolare riguardo l'inquinamento acustico.

L'offerta registrata nel periodo estivo del 2010 per il traffico passeggeri è stata di 13 destinazioni nazionali e 29 destinazioni internazionali.

Sono già diversi gli stanziamenti ad oggi previsti per la realizzazione di un aeroporto internazionale a Grazzanise nella sede occupata attualmente da un aeroporto militare; sono previsti ingenti risorse sia per

adeguare la parte air-side, sia per realizzare i collegamenti esterni con la rete stradale, ferroviaria e con l'aeroporto di Capodichino.

Dal 2008 è stato aperto al traffico passeggeri anche l'aeroporto di Salerno Costa d'Amalfi, sito tra i Comuni di Pontecagnano e Montecorvino, lo sviluppo di tale aeroporto è connesso in particolare ai flussi turistici diretti verso il Capoluogo di Provincia, la Costiera Amalfitana ed il Cilento; tuttavia se ben collegato alla rete autostradale, potrebbe rappresentare una valida alternativa anche per gli spostamenti aerei degli utenti residenti nella zona della Piana del Sarno, più densamente popolata.

Anche in questo caso sono però necessari degli interventi per allungare le piste almeno a 2300 metri, realizzare nuove strutture ricettive di terra per i viaggiatori e migliorare l'accessibilità esterna al sito. Attualmente l'offerta dell'aeroporto consiste nel collegamento con Milano Malpensa, la frequenza giornaliera dei voli verso l'hub di riferimento è discreta: due voli al mattino ed altrettanti la sera. Sono inoltre offerti voli diretti verso poche località, a carattere stagionale.

In base a quanto riportato sul Rapporto Enac per il 2010, il futuro sistema aeroportuale rappresentato da Napoli Capodichino e Napoli Grazzanise è considerato di importanza strategica per il paese, mentre l'aeroporto di Salerno è classificato come aeroporto complementare (cfr. fig. 1.10).

Emerge, inoltre, da tale documento, che tutti gli scali campani hanno uno sviluppo correlabile e dovranno pertanto adottare strategie di crescita in sinergia comune.

Allo stato attuale, Napoli Capodichino e Salerno costituiscono il polo dell'area campana, in cui Capodichino è scalo strategico e Salerno offre servizi sussidiari nei settori cargo e low-cost; con la realizzazione e l'apertura dello scalo di Grazzanise, che assumerà il ruolo di scalo strategico della Campania, buona parte del traffico internazionale sarà delocalizzata da Napoli e convogliata verso il nuovo aeroporto.

In base all'offerta non completamente soddisfacente ed alla non piena autonomia del sistema aeroportuale regionale, soprattutto riguardo agli spostamenti internazionali ed alla frequenza dei voli, gli utenti della Regione Campania si rivolgono spesso agli aeroporti romani come alternativa per gli spostamenti a medio e lungo raggio, per tale ragione saranno analizzate anche le dinamiche evolutive di tali aeroporti.

L'aeroporto di Roma Fiumicino rappresenta il primo hub nazionale per volume di traffico commerciale nel 2010 e 2011 (figg. 1.5, 1.6). In

previsione di una futura crescita della domanda di spostamento aereo, è prevista un potenziamento ed un'espansione della sede aeroportuale, tale scelta conferma la priorità dello scalo a livello nazionale.

L'aeroporto di Roma Ciampino, cresciuto negli ultimi anni con l'insediamento e la progressiva crescita delle compagnie low-cost si posiziona attualmente al nono posto per traffico commerciale dopo Napoli (2010), è utilizzato soprattutto per finalità turistiche.

È in previsione la prossima realizzazione della sede aeroportuale di Viterbo, tale scalo sarà utilizzato per il traffico internazionale e cargo al fine di decongestionare gli aeroporti romani, per la sua posizione geografica sarà percepito come alternativa soprattutto nella Capitale e nella cintura urbana immediatamente a ridosso, non rappresenta invece, una soluzione molto accessibile per i comuni della Campania.

Le previsioni di crescita del traffico commerciale indicano un aumento notevole per la domanda di spostamento aereo fino al 2030, a scala nazionale è infatti previsto, entro la data sopra indicata, un raddoppio del traffico passeggeri (dati ENAC). In particolare l'aumento più sostenuto negli aeroporti del Centro-Sud sarà registrato nell'hub nazionale di Roma Fiumicino per cui sono previsti importanti investimenti per il potenziamento. Il traffico aereo della Campania, secondo le previsioni sarà quasi raddoppiato, di qui la necessità dell'apertura del nuovo scalo internazionale di Grazzanise.

Nelle figure 1.11, 1.12 e 1.13 sono riportati dei grafici sintetici relativi alle previsioni di crescita entro il 2030, rispettivamente su base regionale, per gli aeroporti principali ed a scala nazionale (dati ENAC, Rapporti 2010/11). Nelle figure 1.14 e 1.15 sono invece schematicamente riportati gli interventi previsti per la realizzazione dei nuovi scali di Grazzanise e Viterbo.

Recentemente (fine 2012), è stato perfezionato il contratto di programma di AdR con l'ENAC, nel documento sono previsti impegni di spesa per il rimodernamento del sistema aeroportuale della Capitale che ammontano a 2,5 miliardi di euro nei prossimi dieci anni. Gli investimenti di investitori privati previsti consentiranno di portare la capacità dell'Aeroporto di Fiumicino ad oltre 100 milioni di passeggeri. Nel documento non sono invece citati interventi per la realizzazione dello scalo di Viterbo che viene, pertanto, ad essere al momento messo in secondo piano.

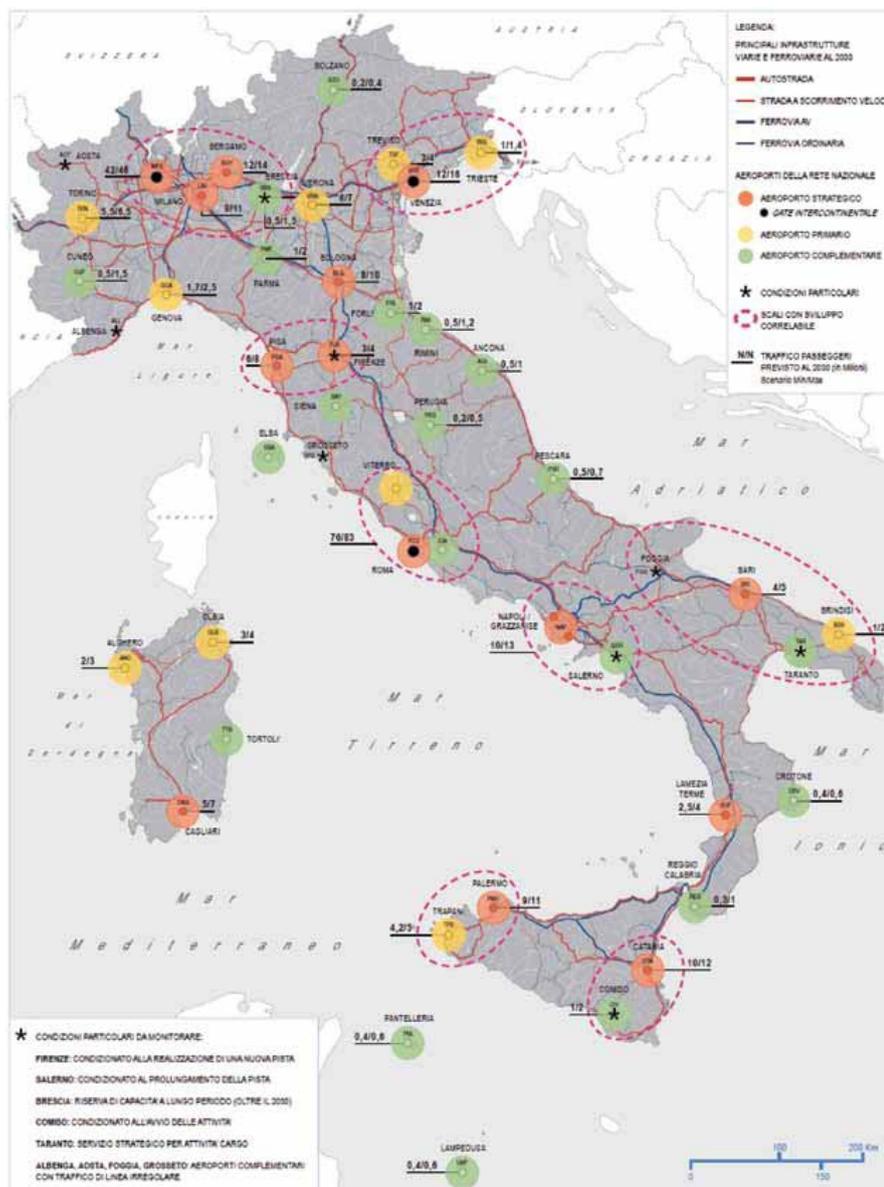


Figura 1.10 Pianificazione Aeroportuale in Italia (Fonte: Rapporto Enac 2010)

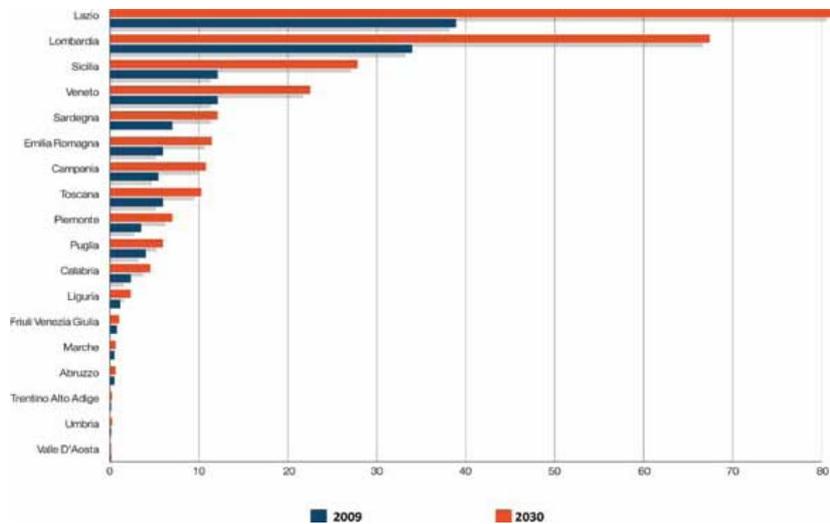


Figura 1.11 Previsione crescita passeggeri per regione (in milioni)
(Rapporto ENAC 2010)

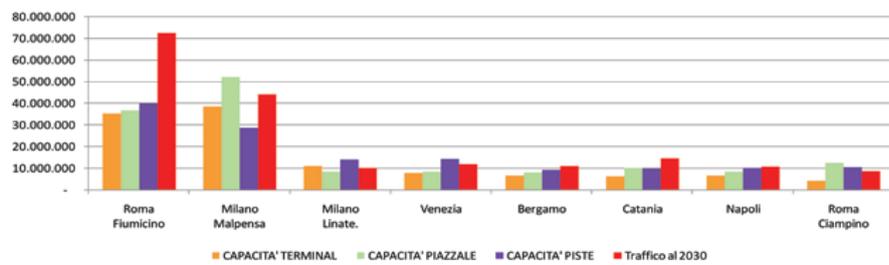


Figura 1.12 Capacità degli aeroporti e traffico previsto al 2030
(Rapporto ENAC 2010)



Figura 1.13 Trend del numero di passeggeri negli aeroporti italiani
(Rapporto ENAC 2010)

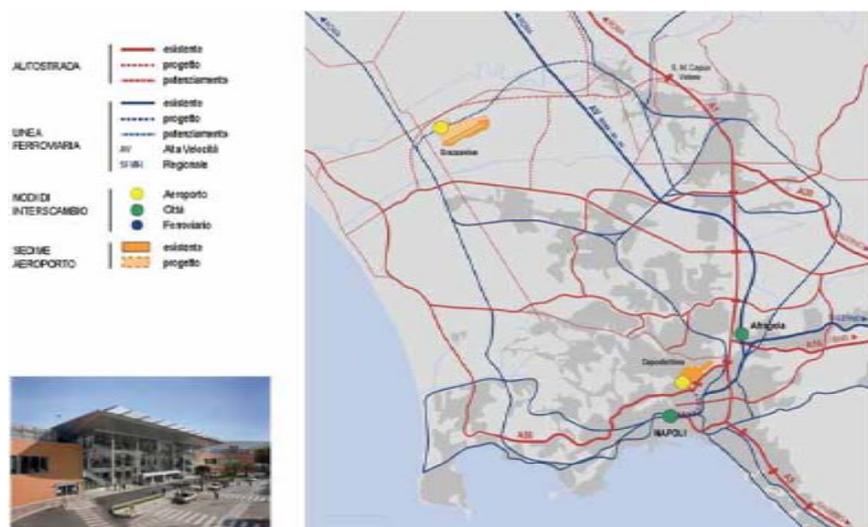


Figura 1.14 Pianificazione del nuovo scalo di Grazzanise
(Fonte: Rapporto Enac 2010)

Tabella 1.1 Interventi previsti per gli aeroporti laziali

(Fonte: Rapporto Enac 2010)

AEROPORTO	ACCESSIBILITÀ SU GOMMA
Roma Fiumicino (FCO)	Completamento complanari dell'asse Roma - Fiumicino
	Bypass del GRA dalla Roma-Civitavecchia alla Pontina
	Adeguamento Pontina
	Potenziamento Via della Scafa
Viterbo	Completamento della Civitavecchia-Orte
	Potenziamento Cassia (allargamento Monterosi-Viterbo)

1.7 GLI STRUMENTI FINANZIARI PER LO SVILUPPO DEGLI AEROPORTI

Tipologie di finanziamenti pubblici (www.enac.gov.it)

Una parte degli interventi infrastrutturali realizzati nella rete aeroportuale italiana viene disposta dallo Stato: i finanziamenti pubblici provengono da diverse fonti, che si distinguono tra l'altro anche per le modalità d'accesso. Possiamo individuare essenzialmente due tipologie di finanziamenti: quelli che consentono l'accensione di mutui con onere a carico dello Stato e quelli disponibili nel bilancio dell'Enac, direttamente utilizzabili nel rapporto con i destinatari delle risorse.

Alla prima tipologia appartengono le fonti di finanziamento disposte dalle leggi 135/1997, 194/1998 e 166/2002 (dalle quali sono successivamente scaturite le disposizioni attuative e le relative ripartizioni mediante il decreto ministeriale 68T/99 e le delibere 6/2001, 19/2002 e 30/2003 del Consiglio di Amministrazione dell'Enac).

Alla seconda tipologia appartengono i fondi costituiti da: finanziamenti erogati dall'Unione Europea, afferenti alla Misura III.2 del PON Trasporti 2000/2006; finanziamenti previsti dall'articolo 1 della legge 194/1998, destinati agli aeroporti di Salerno e Perugia; finanziamenti previsti dalla Legge Finanziaria 2004 per l'aeroporto di Perugia; deliberazioni del Cipe;

Leggi di finanziamento 449/1985, 67/1988, 139/1992; stanziamenti annualmente disposti dall'Enac sul proprio bilancio per gli aeroporti a gestione diretta.

A questo quadro si aggiungono i finanziamenti già oggetto di

convenzioni stipulate dalla Direzione Generale dell'Aviazione Civile prima dell'istituzione dell'Enac, e destinati alla realizzazione di opere di notevole entità negli aeroporti di Roma Fiumicino, Milano Malpensa, Venezia e Napoli; vanno poi considerati ulteriori interventi su altri scali, che comportano ancora oggi una notevole attività dell'Enac in termine di erogazione di finanziamenti, oltre che di controllo e monitoraggio della realizzazione in corso d'opera. I beneficiari finali dei finanziamenti sono di norma le società di gestione degli aeroporti interessati alla realizzazione degli interventi, o gli enti territoriali competenti qualora non siano presenti società di gestione. Costituiscono eccezione gli aeroporti a gestione diretta dell'Enac. Il rapporto tra l'Enac e i gestori aeroportuali interessati è regolamentato da specifiche convenzioni di finanziamento, il cui schema generale è stato a suo tempo sottoposto all'approvazione del Consiglio di Stato, o dalla Commissione Europea.

Come sono strutturati i finanziamenti.

Esistono varie modalità di finanziamento, che sono espressione di direttive di Autorità sovranazionali, nazionali e regionali. Le principali fonti di finanziamento sono regolate da dispositivi ad hoc (Documenti di Programmazione Strategica) e da progetti e piani emanati da organi centrali e locali con specifici periodi di riferimento (Programmi Operativi).

La Direttiva del Ministero dei Trasporti disciplina la materia dei trasporti in Italia secondo il principio di una mobilità efficiente, sicura e sostenibile. La Direttiva prevede interventi di vario tipo sulle strutture già esistenti o di nuova istituzione per il miglioramento della "mobilità delle persone" e della "mobilità delle merci".

Nel Documento di programmazione economica e finanziaria (Dpef) si evidenzia lo stato di avanzamento di interventi già previsti e finanziati nel settore delle infrastrutture e si inserisce la programmazione delle opere incluse nel 1° Programma delle Infrastrutture Strategiche, articolato in due gruppi principali di interventi ovvero sulle infrastrutture strategiche e sulle infrastrutture di completamento. Nel Dpef si definiscono, inoltre, i fabbisogni economico-finanziari e la eventuali formule di finanziamento a partire da stanziamenti locali o comunitari.

Il Programma Operativo Nazionale (PON) "Reti e Mobilità" 2007-2013 è un canale di finanziamento che assegna le risorse per lo sviluppo delle reti di trasporto secondo priorità ed obiettivi. Tra le principali priorità di tale strumento finanziario c'è l'attivazione di politiche per il trasporto e la

logistica orientate al superamento del divario tra le aree avanzate e le aree disagiate del Paese ed allo sviluppo economico delle Aree Convergenza. La caratteristica di tali aree è quella di presentare criticità nella logistica e nell'accessibilità, che a loro volta si traducono in minore opportunità di sviluppo.

I Programmi Operativi Regionali (POR) 2007-2013, sono strutturati in Assi, Obiettivi e Sotto-Obiettivi, tali strumenti tendono a realizzare quanto previsto a livello centrale nel Quadro Strategico Nazionale (QSN) ed utilizzano fonti di finanziamento misto tra Comunità Europea, Stato e Regione.

In conformità con quanto previsto nel QSN, i vari POR agiscono in relazione agli obiettivi che in sede centrale sono stati valutati come “di valenza regionale”.

Gli interventi di interesse regionale sono di solito finalizzati al miglioramento del trasporto pubblico locale ed allo sviluppo delle reti di comunicazione urbane ed extraurbane sicure ed accessibili.

Piano Nazionale degli Aeroporti

Nel corso del 2011 l'ENAC ha redatto una proposta di Piano Nazionale degli Aeroporti che rappresenta un documento programmatico su base tecnica ed economica in relazione agli assetti infrastrutturali per la rete aeroportuale del Paese rispetto alle altre infrastrutture per l'accessibilità ed intermodalità programmate a scala nazionale e regionale (ENAC rapporto 2011).

In questo documento sono riportate le scelte strategiche di programmazione e gestione razionale delle risorse finanziarie delle società di gestione aeroportuale al fine di disporre di strumenti aggiornati per lo sviluppo delle infrastrutture aeroportuali del Paese.

Gli investimenti nel settore, devono infatti essere rispondenti alle funzioni specifiche di ogni singolo scalo, sia in un'ottica di programmazione nazionale sia nel contesto europeo per le reti TEN.

Obiettivi prioritari del Piano Nazionale sono quelli di garantire un incremento delle capacità infrastrutturali e commerciali degli aeroporti, fornendo agli utenti un elevato livello di servizio in un quadro di accresciuta sicurezza e salvaguardia dell'ambiente.

I contratti di programma

Sono stipulati tra l'Enac e le società di gestione degli aeroporti, hanno

validità quadriennale e definiscono regole per la determinazione delle tariffe aeroportuali. Tali strumenti normativi sono concordati tra le parti con un coinvolgimento di vari soggetti e associazioni coinvolti nelle attività connesse all'aeroporto, l'approvazione definitiva avviene con Decreto Interministeriale.

Il documento finale dovrà prevedere la pianificazione sulle seguenti questioni rilevanti:

- qualità che il gestore si impegna a realizzare nel periodo contrattuale,
- investimenti nel periodo contrattuale,
- previsioni sull'andamento del traffico,
- tariffe applicate e impatto sull'utenza.

A valle della stipula del contratto, l'Enac procede al monitoraggio dei risultati conseguiti e dispone, in caso di inadempienza delle società di gestione, l'applicazione di sanzioni di vario importo.

Il controllo sull'ottemperanza degli obblighi sottoscritti dal gestore riguarda in particolare:

- gli investimenti da realizzare nel periodo contrattuale;
- il raggiungimento degli obiettivi di qualità,
- il rispetto dei parametri di tutela ambientale,
- la verifica del traffico registrato e le differenze con il traffico previsto.

1.8 PRINCIPALI AUTORITÀ E RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Regolamento di Scalo (dati tratti dal sito www.enac.gov.it)

Il Regolamento di Scalo è un documento che raccoglie tutte le regole e le procedure stabilite per garantire un regolare e sicuro utilizzo dell'aeroporto.

La normativa di riferimento ne stabilisce l'obbligo di adozione in ogni scalo nazionale.

Nel Regolamento vengono definiti quali siano i compiti ed i doveri di ciascun soggetto presente in aeroporto (Enac, ENAV spa, Gestore aeroportuale, Handler, ecc.), in particolare:

-
- l'Enac è l'autorità di regolazione tecnica, certificazione e vigilanza;
 - l'ENAV spa è il soggetto fornitore dei servizi di navigazione e di traffico aereo;
 - il Gestore aeroportuale è il soggetto a cui sono affidati i compiti previsti dall'art. 705 del Codice della Navigazione, in particolare quelli di amministrare e gestire le infrastrutture e gli impianti aeroportuali, di organizzare le attività aeroportuali ed assicurare agli utenti la presenza in aeroporto dei necessari servizi di assistenza a terra, fornendoli direttamente o coordinando le attività degli operatori terzi o in autoproduzione.

Il Regolamento è predisposto dal Gestore, alla luce delle caratteristiche e specificità dell'aeroporto, sulla base di una impostazione preventivamente concordata con la Direzione Aeroportuale Enac di riferimento e viene adottato con Ordinanza della stessa Direzione Aeroportuale Enac. Le linee guida per la predisposizione del documento sono state fissate nella Circolare Enac APT 19 del 26 ottobre 2005.

Il Regolamento, oltre la parte generale, è costituito da quattro sezioni:

- la prima riguarda le regole e le procedure relative alle operazioni degli aeromobili nell'area di manovra e nei piazzali di sosta;
- la seconda analizza le regole e le procedure delle operazioni di assistenza a terra ai passeggeri ed agli aeromobili;
- la terza parte, in un'ottica di tutela del passeggero, nel rispetto della sua centralità all'interno del sistema del trasporto aereo, e per evidenziare l'importanza sempre maggiore della qualità dei servizi che devono essere assicurati in ogni aeroporto, è dedicata proprio alle procedure predisposte dal Gestore per garantire il rispetto degli standard di qualità previsti dalla propria Carta dei Servizi, con gli indicatori di qualità ed i relativi sistemi di misurazione;
- infine, la quarta parte riguarda i provvedimenti operativi e le procedure di accertamento delle infrazioni.

Carte dei Servizi dei Gestori Aeroportuali

Con la propria Carta dei Servizi ogni gestore aeroportuale determina annualmente quali sono gli standard qualitativi minimi di tutti i servizi offerti nel suo scalo e si impegna a farli osservare. Gli standard vengono identificati da una serie di parametri stabiliti e approvati dall'Enac.

A decorrere dall'entrata in vigore del nuovo Codice della Navigazione la redazione della Carta dei Servizi è diventata obbligatoria.

L'Enac ha approvato e sono in fase di pubblicazione dai relativi Gestori Aeroportuali, le Carte dei Servizi 2011.

Gestioni aeroportuali

In conformità alla vigente normativa in materia di gestioni aeroportuali, l'Enac effettua l'istruttoria e predispone gli atti convenzionali disciplinanti l'affidamento in concessione delle gestioni totali, definendo altresì metodi e strumenti per il controllo degli obblighi convenzionali da parte dei gestori stessi.

L'affidamento della gestione totale a società di capitali, oltre a garantire l'afflusso di capitali privati per una migliore organizzazione e sviluppo di servizi in grado di soddisfare le crescenti esigenze dell'utenza, impegna le società stesse ad individuare le proprie strategie, adeguate alle esigenze del territorio e pertinenti con la vocazione dell'aeroporto gestito, per misurarsi nel mercato del trasporto aereo particolarmente sensibile agli eventi internazionali e non meno all'andamento dell'economia nazionale ed estera, nella consapevolezza del ruolo assunto per il soddisfacimento di quell'interesse primario che è l'operatività in sicurezza dell'aeroporto.

Normativa di riferimento

- Legge n. 537 del 24 dicembre 1993. "Interventi correttivi di finanza pubblica" in particolare l'art.10, comma 13 (G.U.R.I. 31 gennaio 1994, n. 24)
- Decreto Ministeriale n. 521 del 12 novembre 1997. "Regolamento recante norme di attuazione delle disposizioni di cui all'art. 10, comma 13, della L. 24 dicembre 1993, n. 537, con cui è stata disposta la costituzione di società di capitali per la gestione dei servizi e infrastrutture degli aeroporti gestiti anche in parte dallo Stato". (G.U.R.I. 9 aprile 1998, n. 83)
- Codice della Navigazione
- Direttiva del Ministero dei trasporti del 12 settembre 2007

1.9 TERMINOLOGIA USATA NEL TESTO

Nel presente lavoro si sono utilizzati i termini sotto riportati nel significato di seguito specificato, tale terminologia è quella adottata ufficialmente da ENAC. (www.enac.gov.it)

Cargo: merce + posta (espresso in tonnellate).

Merce: materiale trasportato su un aeromobile, comprese valige diplomatiche e colli urgenti, escluse posta, provviste di bordo e bagagli dei passeggeri e dell'equipaggio.

Movimento: decollo o atterraggio di un aeromobile su un aeroporto. Nella rilevazione del traffico aeroportuale l'arrivo e la partenza di uno stesso aeromobile danno luogo a due movimenti.

Passeggeri: passeggeri in partenza o in arrivo da uno scalo. Un passeggero che usufruisce di un collegamento nazionale dà luogo ad una unità-passeggero in partenza nello scalo di origine e di una unità-passeggero in arrivo in quello di destinazione, mentre in un collegamento internazionale dà luogo ad una sola unità di traffico nello scalo nazionale. Ne consegue che il traffico globale registrato negli scali nazionali deriva dal numero dei passeggeri che hanno viaggiato su tratte nazionali contati due volte, sommati a quelli che hanno viaggiato su tratte internazionali contati una sola volta.

Servizi aerei di linea: servizi di trasporto aereo di passeggeri e merci effettuati dietro remunerazione, accessibili al pubblico ed operati in base ad un orario pubblicato con caratteristiche di regolarità e frequenza tali da costituire un'evidente serie sistematica di voli.

Servizi aerei non di linea: voli effettuati per il trasporto passeggeri o merce in forza di un contratto di noleggio stipulato da uno o più contraenti per l'utilizzo

dell'intera capacità dell'aeromobile; se il numero di posti è superiore a 19 si parla di voli *charter*, in caso contrario di *aerotaxi*.

Transiti in un determinato aeroporto: passeggeri che transitano su un aeroporto e ripartono utilizzando un aeromobile con lo stesso numero di volo dell'arrivo.

Trasporto aereo commerciale: traffico effettuato per trasportare persone o cose dietro remunerazione. Esso comprende quindi il trasporto aereo di linea, *charter* e *aerotaxi*.

Trasporto aereo non commerciale o di aviazione generale/lavoro aereo: traffico diverso dal trasporto aereo commerciale; esso comprende sostanzialmente l'attività degli aeroclub, delle scuole di volo, dei piccoli aerei privati ed i servizi di lavoro aereo pubblicitari, aerofotografici e di rilevazione, spargimenti di sostanze, trasporti di carichi esterni al mezzo, ecc.

Trasporto aereo internazionale: trasporto aereo realizzato mediante collegamenti con aeroporti situati al di fuori del territorio nazionale.

Trasporto aereo nazionale o domestico: trasporto aereo realizzato mediante collegamenti fra aeroporti italiani.



2 INQUADRAMENTO METODOLOGICO

2.1 MISURARE L'ACCESSIBILITÀ: APPROCCI E METODI

2.1.1 INTRODUZIONE

Lo studio dell'evoluzione del territorio e le teorie quantitative alla base dei modelli di pianificazione dei trasporti, hanno sempre prestato grande attenzione alla problematica dell'accessibilità ed alla definizione di modelli quantitativi finalizzati a misurarla. Misurare l'accessibilità è attività fondamentale per ordinare con metodi oggettivi aree geografiche con differenti livelli di accessibilità, per pianificare strategie di intervento sul sistema di trasporto, per quantificare l'efficacia di opzioni di intervento e per valutare le migliori soluzioni. In questa ottica le analisi di accessibilità possono essere di aiuto all'analista nella propria attività di pianificazione dello sviluppo del territorio e di aiuto alle autorità politiche nelle attività di individuazione degli obiettivi, di definizione delle strategie di intervento e di diffusione delle scelte.

Nell'ambito dello studio dei sistemi di trasporto, lo studio dell'accessibilità deve essere interpretato come uno strumento per lo studio della competizione tra aree geografiche, tra specifiche realtà (e.g. porti, aeroporti, università) e, in particolare, come uno strumento di supporto alle decisioni nelle fasi:

pre/meta-progettuale,
progettuale,
di realizzazione ed esercizio degli interventi,

Nella fase pre-progettuale si definiscono gli obiettivi, si identificano le criticità e si delineano le strategie di intervento. Un'analisi di accessibilità può essere funzionale:

- al monitoraggio delle performance del sistema di trasporto,
- all'individuazione di aree a differente livello di accessibilità, su cui intervenire o per le quali disporre analisi più dettagliate,
- all'identificazione di possibili strategie di intervento.

Nella fase progettuale, si definiscono le strategie di intervento migliori, si valuta la soluzione più efficace ed efficiente ed infine la si progetta. In questo caso un'analisi di accessibilità può aiutare a:

- quantificare gli effetti di interventi sul sistema di trasporto,
- favorire un confronto oggettivo tra differenti scenari di progetto all'interno di metodi di valutazione (analisi benefici-costi o multicriteria),
- individuare le priorità all'interno di un insieme di interventi,
- favorire la veicolazione delle informazioni ed una maggiore comprensione e condivisione delle scelte effettuate.

Nella fase di realizzazione ed esercizio, si prevede il monitoraggio e la verifica degli effetti delle opzioni di intervento sul sistema di trasporto, sia durante la fase realizzativa che durante la fase di esercizio. Il monitoraggio è attività fondamentale per comprendere la bontà delle scelte effettuate e per proporre modifiche e/o correttivi. In questa ottica lo studio della accessibilità può essere utile supporto per monitorare l'efficacia degli interventi rispetto alle aspettative e/o rispetto a target prefissati.

In questo lavoro di tesi sono approfondite le problematiche e le metodologie funzionali alla misura e rappresentazione della accessibilità in generale e si è condotta un'applicazione alle problematiche specifiche del sistema di trasporto aereo, con particolare attenzione ai sistemi aeroportuali. In questo contesto ciascun aeroporto è la porta di accesso al sistema di trasporto e garantisce accessibilità al proprio bacino di utenza verso il mondo esterno, nonché dal mondo esterno verso il proprio bacino di utenza. In generale, emergono tre problematiche rilevanti:

- la misura della raggiungibilità di un aeroporto,
- la misura della accessibilità garantita da un aeroporto verso il mondo esterno,
- la misura della accessibilità garantita da un aeroporto verso il proprio bacino di utenza.

2.1.2 EVIDENZE BIBLIOGRAFICHE

Lo studio dell'evoluzione del territorio e le teorie quantitative alla base dei modelli di pianificazione hanno sempre prestato grossa attenzione alla problematica dell'accessibilità del territorio ed, in particolare, alla definizione di modelli quantitativi finalizzati a misurarla.

L'esigenza di effettuare una misura di questo tipo nasce per fornire degli strumenti che possano essere di supporto al pianificatore territoriale ed alle autorità politiche preposte alle politiche di sviluppo del territorio.

Molti sono gli studiosi che si sono cimentati nella definizione di principi, teorie e leggi finalizzate a rispondere a domande sulla natura, la struttura e la dinamica del territorio. Gli sforzi che si sono susseguiti negli ultimi cinquanta anni hanno tentato di interpretare la molteplicità dei fenomeni urbani attraverso dei principi organizzati, tentando di inquadrarli in delle interpretazioni matematiche che, sebbene semplificatrici della complessità, fornissero una metodologia per affrontare l'analisi del territorio e lo studio di strategie di intervento.

In questa ottica, l'accessibilità è stata sempre una problematica che, nel corso degli ultimi 30 anni, ha affascinato numerosi ricercatori e coinvolto diverse discipline. Dai geografi urbani, agli economisti puri, ai trasportisti, molti si sono cimentati nella definizione dell'accessibilità e, in particolare, nella definizione di indici finalizzati a misurarla.

L'accessibilità è una tematica che ha incominciato a svilupparsi all'inizio degli anni '50 con Shimble (1953) che definisce l'accessibilità di una zona come la somma delle opportunità esistenti. Dall'epoca, il concetto di accessibilità, si è evoluto assumendo diversi significati e diverse formulazioni analitiche.

Come già detto, la definizione stessa di accessibilità può vantare numerose e diverse interpretazioni, ognuna rappresentativa dell'approccio seguito e, pertanto, poco indicata ad avere un carattere generale. L'evoluzione delle interpretazioni è strettamente legata all'evoluzione nel tempo delle finalità degli studi di accessibilità.

In questo paragrafo si intende mostrare, appunto, l'evoluzione del concetto di accessibilità nella storia.

Il primo in assoluto che ha presentato un primo tentativo di definire l'accessibilità è Reilly (1930), il quale dimostra un'analogia con la legge gravitazionale universale; nonostante, primordiale, la definizione di Reilly verrà poi ripresa nei successivi studi (Camagni, 1992).

Anche con Shimble (1953) l'accessibilità è definita in una forma abbastanza semplificata; in pratica, per Shimble, rappresenta solamente la somma delle distanze della zona j da tutti le altre zone dell'area di studio:

$$A_j = \sum_i d_{ij} \quad (\text{Shimble, 1953})$$

Solamente nel 1958, con Stewart e Warntz, e nel 1959, con Hansen, si ha una formulazione di accessibilità in cui sono prese in considerazione misure dell'impedenza spaziale e delle opportunità presenti sul territorio. L'accessibilità varia direttamente con la dimensione del luogo j ed inversamente con un attributo di separazione spaziale tra le due zone:

$$A_i = \sum_j S_j \cdot s_{ij} - b \quad (\text{Stewart \& Warntz, 1958})$$

$$A_i = \sum_j S_j \cdot e^{-b \cdot s_{ij}} \quad (\text{Hansen, 1959})$$

Generalmente le opportunità sono calcolate in funzione del tipo di accessibilità che si desidera calcolare (popolazione, superfici libere, etc.), mentre gli attributi di separazione spaziale sono di solito calcolati rispetto alla distanza, al tempo di viaggio, al costo di viaggio.

Dopo circa 10 anni, Wilson (1967), partendo dall'accessibilità di Hansen, propone una funzione di impedenza in cui compare il costo generalizzato, definito come una combinazione lineare mediante dei coefficienti di omogeneizzazione di un attributo di costo e di un attributo di tempo di viaggio. Benché Wilson non presenti una forma funzionale particolarmente innovativa, si evince che lo spostamento consiste in un tempo di viaggio ed in costo monetario che non sono ottenibili gli uni dagli altri e, soprattutto, possono essere percepiti in maniera diversa dai diversi utenti.

$$A_i = \sum_j S_j \cdot e^{-b_1 t_{ij} - b_2 c_{ij}} \quad (\text{Wilson, 1967})$$

L'introduzione del costo generalizzato consente di distinguere un'accessibilità per la grande industria, per la semplice azienda, oppure per la famiglia di reddito basso o alto, consentendo di condurre delle

analisi più corrette dal punto di vista socio – economico. Si comincia a comprendere che per interpretare o prevedere scelte localizzative è necessario valutare le scelte compiute dagli utenti mediante indici più disaggregati e, soprattutto, mediante una specifica teoria tale da giustificarle.

Nel 1971, Ingram, esprime l'accessibilità di una zona semplicemente come funzione dell'impedenza spaziale. Partendo da Shimble, propone un indice basato su una funzione di impedenza mediata su tutte le zone rispetto alle quali si calcola l'accessibilità stessa. L'approccio basato semplicemente sull'uso di attributi di impedenza spaziale è alquanto discutibile perché finisce con il trascurare le variabili relative al sistema delle attività distribuite sul territorio; tale punto debole consente di ritenere indici di siffatta natura come indici utilizzabili per analisi quantitative dell'assetto territoriale oppure come dati di ingresso per semplici modelli di distribuzione o di emissione degli spostamenti (Christaller).

$$\left. \begin{aligned}
 A_i &= \sum_j s_{ij} \\
 A_i &= \frac{\sum_j s_{ij}}{n-1} \\
 A_i &= \sum_j s_{ij} \cdot e^{-\frac{2d_{ij}}{g}}
 \end{aligned} \right\} \text{(Ingram, 1971)}$$

Nel 1971, invece, Wickstram evidenzia che l'accessibilità debba essere funzione delle opportunità presenti sul territorio e del tempo necessario per raggiungerle e, allontanandosi dai precedenti approcci, esprime l'accessibilità come una funzione cumulata delle opportunità che possono essere raggiunte in un certo intervallo di tempo. Sebbene non ci sia una differenziazione di attività, è importante il contributo concettuale del fattore tempo che non è solo misura di un'impedenza spaziale ma anche vincolo per considerare accessibile o meno una determinata zona. Negli anni che vanno dal 1975 al 1979 si comincia ad osservare che gli indici basati sull'analogia gravitazionale, benché strumenti potenti, non permettono di evidenziare la relazione diretta tra l'accessibilità e le scelte compiute dagli utenti. Come conseguenza, utenti residenti in una stessa

zona percepiscono la stessa accessibilità, indipendentemente dalla classe socio – economica di appartenenza, dai modi di trasporto disponibili e dalle proprie scelte di viaggio. Per questo gli studi si dirigono verso una svolta: tendono a condurre lo sviluppo del concetto di accessibilità alla luce della teoria dell'utilità aleatoria.

Nel 1972 Cohen e Basner, sviluppando un approccio grafico, propongono tecniche di costruzione di curve che mettono in relazione il tempo di viaggio e le opportunità presenti sul territorio. In questo modo riescono a rappresentare l'accessibilità per modo di trasporto, per fascia oraria, per classe di reddito e per motivo dello spostamento. Comincia a notarsi un certo interesse verso un'analisi più attenta degli elementi caratteristici del fenomeno dello "spostamento" che vada al di là della semplice conoscenza del solo tempo di "spostamento". L'approccio, benché qualitativo, ha il merito di porre l'accento su nuove problematiche.

Nel 1975, Domencich e McFadden, introducono la variabile LogSum nell'ambito della teoria sull'utilità aleatoria. Tutti gli indici visti in precedenza ipotizzano un comportamento deterministico degli individui e non contemplanò differenti percezioni delle alternative. Inoltre si trascura il fatto che l'accessibilità sia legata allo spostamento. Domencich e McFadden introducono un approccio microeconomico in cui viene esplicitamente simulato il comportamento di scelta dell'utente.

Un altro approccio grafico viene proposto da Black e Conroy nel 1977: l'accessibilità è una funzione della percentuale di attività raggiungibili al variare del tempo di viaggio ed al variare della classe socio economica in esame.

Nel 1979, invece, Burns, introducendo un approccio comportamentale, fornisce una nuova ed interessante definizione di accessibilità associandola alla libertà degli utenti di decidere di partecipare o meno a differenti attività presenti sul territorio. In particolare esistono tre variabili che limitano la libertà degli utenti: il sistema dell'offerta di trasporto, il tempo e lo spazio; Burns propone una struttura concettuale in cui il singolo utente (o classi omogenee di utenti) percepisce le variazioni di accessibilità come variazioni della libertà di fare ciò che si desidera.

L'accessibilità diventa una misura soggettiva in cui intervengono le percezioni dell'utente tanto dei vincoli quanto delle opportunità offerte. Tale approccio rappresenta l'anticamera della formalizzazione teorica

che, nello stesso anno, Ben Akiva e Lerman propongono mediante la teoria dell'utilità aleatoria.

Molti e numerosi sono i successivi studi di accessibilità che partono dalle precedenti esperienze; di seguito sono elencati alcuni tra i più significativi.

Camagni (1992): affronta sistematicamente il problema dell'evoluzione del territorio e della definizione delle leggi alla base di tale evoluzione. Riassume cinque principi sottostanti all'organizzazione ed all'evoluzione del territorio:

- Il principio di agglomerazione o della sinergia: consente di comprendere il perché esistano le città.
- Il principio di gerarchia: consente di comprendere la dimensione e la localizzazione dei diversi centri urbani.
- Il principio di competitività: consente di comprendere le condizioni e le modalità dello sviluppo delle città.
- Il Principio di accessibilità: consente di comprendere la localizzazione delle attività economiche e delle attività residenziali.
- Il principio di interazione spaziale (o della domanda di mobilità): consente di comprendere la localizzazione delle attività economiche e delle attività residenziali.

Benché tutti i principi interagiscano tra di loro, non si può trascurare che le interazioni reciproche non sono simmetriche. In particolare, se i principi di interazione spaziale e di accessibilità influenzano i fenomeni alla base dei principi di agglomerazione, gerarchia e competitività, il viceversa non è sempre vero. Inoltre, i primi tre sono caratterizzati da una dinamica assai più lenta e, soprattutto, sfuggono ad una rigorosa analisi matematico – quantitativa a causa di motivazioni socio – culturali, storiche, socio – economiche e politiche che non si prestano a essere tradotte in modelli matematici. I restanti due sono motori della dinamica globale del sistema tanto a lungo termine quanto a breve termine e sono alla base della struttura portante del territorio; a breve termine perché sono alla base di modifiche dei comportamenti di vita degli attori economici.

Il principio di accessibilità è alla base dell'organizzazione dello spazio urbano e scaturisce dalla competizione fra i diversi attori economici che desiderano usufruire delle opportunità distribuite sul territorio con il minimo costo oppure che desiderano trasportare merci minimizzando il rapporto tra i costi generalizzati di trasporto.

Martinez (1995): formula una nuova definizione di accessibilità; affronta il problema dal punto di vista economico definendo l'accessibilità come l'insieme dei benefici economici derivanti dall'interazione tra due attività per un preciso scopo. Le attività possono essere attività economiche oppure i residenti dell'area di studio in esame. I benefici economici sono ottenuti dalla differenza tra i benefici derivanti dal contatto tra le due entità meno il costo dell'interazione. Il cuore di questo approccio risiede nella definizione dei benefici in quanto è possibile distinguere due tipi di benefici indipendenti: i benefici di chi si sposta (accessibilità) ed i benefici di chi viene raggiunto (attrattività). A partire dalle citate definizioni, propone delle formulazioni matematiche dell'accessibilità e dell'attrattività come variabili esplicative delle interazioni esistenti tra il sistema di trasporto ed il sistema delle attività. L'interpretazione si basa sul concetto economico di equilibrio tra domanda ed offerta.

Nemeier (1997): partendo dalla struttura concettuale proposta da Burns nel 1979 e dalla formulazione teorica di Ben Akiva e Lerman (1979), Nemeier propone un modello di scelta del modo e della destinazione in cui intervengono componenti spaziali, temporali e trasportistiche. La finalità è di calcolare l'accessibilità per il motivo dello spostamento casa – lavoro in termini di benefici monetari per l'utente.

Lo scopo è quello di valutare il valore dell'accessibilità nella zona di Puget Sound, nello stato di Washington, negli Stati Uniti d'America, per gli individui interessati da una giornata lavorativa in quella zona, con particolare attenzione alla prima parte della giornata; il motivo dello spostamento è casa – lavoro, la fascia oraria è l'ora di punta del mattino, il choice set è costituito da tutte le combinazioni destinazione – modo (ridotte secondo Ben Akiva). Il modello è specificato e calibrato e su di esso vengono eseguite delle valutazioni di impatto sul benessere degli utenti.

L'indicatore di accessibilità utilizzato è una "variazione compensatrice" (compensating variation), indicatore mostrato per la prima volta da Small e Rosen nel 1981 per stimare il benessere dei consumatori. L'indicatore in questione permette di valutare l'accessibilità fissando univocamente il modo e la destinazione.

I limiti di tale approccio sono molteplici: prima di tutto tale stima tiene conto solo degli spostamenti a scopo lavorativo e non include eventuali spostamenti a scopo non lavorativo; in questo modo tende a sottostimare l'accessibilità di un luogo non prendendo in considerazione ulteriori attrattive del luogo.

Altro limite sta nel fatto che il metodo prescinde dal luogo di residenza, non tenendo conto, in questo modo, di varie problematiche; in più il metodo è indipendente dalla struttura geografica.

Sicuramente la caratteristica fondamentale di tale approccio sta nel fatto che l'indicatore considera contemporaneamente il modo e la destinazione.

Gutierrez e Gomez (1999): analizzano gli impatti sull'accessibilità dell'area metropolitana di Madrid dell'anello autostradale costruito intorno alla città. Lo studio è condotto mediante la definizione di quattro indici:

- Tempo di Accesso
- Tempo medio tra una zona e tutte le altre: permette di tenere in conto di tutte le relazioni esistenti ma non tiene in conto dei differenti gradi di importanza delle stesse relazioni. In particolare, qualsiasi intervento sul sistema dell'offerta di trasporto induce effetti simmetrici indipendentemente dall'importanza (massa) delle due zone coinvolte.
- Media pesata dei tempi (costi). Risponde alle due precedenti perplessità ma non consente di rappresentare in modo adeguato il decadimento dovuto alla distanza.
- Potenziale economico o residenziale. Sebbene risponde alle precedenti critiche presenta un grosso problema relativo alle zone ad alta concentrazione di attività. In queste situazioni i costi sono molto bassi ed il valore delle attività molto elevate; si rischiano delle sovrastime dell'accessibilità nelle zone in esame (più zone e simili), i valori dell'indice è difficilmente interpretabile.
- Accessibilità delle opportunità. L'accessibilità di una zona è calcolata come il numero di opportunità all'interno di un certo limite di tempo. Il problema sta nella definizione di limite psicologico che l'utente associa al tempo di viaggio per una certa attività; tutte le attività al di là di un certo raggio sono tagliate fuori mentre tutte le attività all'interno sono egualmente accessibili.

Nel corso del nuovo millennio e fino ad oggi, si è assistito al tentativo di diversi autori di omogeneizzare in macro-categorie e catalogare per tipologie diverse di approccio logico le misure di accessibilità.

Gli standard di approccio metodologico che sono stati seguiti vanno decisamente verso la valutazione dei livelli di servizio disponibili da e verso una struttura di interesse o un area di studio; di pari importanza sono state, nell'ultima decina di anni, le analisi macro-economiche sulla

condizione degli individui e sul valore delle opportunità di commercio offerte.

Baradaran e Ramjerdi (2001) propongono una suddivisione dei criteri di misura degli indicatori più utilizzati in Europa in cinque categorie:

- 1- Approccio basato sul costo del viaggio: esprime la misura della facilità con la quale alcune attività possono essere raggiunte da un luogo usando un particolare tipo di trasporto;
- 2- Approccio di tipo “gravitativo” o delle opportunità: gli indicatori sono direttamente proporzionali alle opportunità disponibili in una certa area per il viaggiatore e inversamente proporzionali ad una funzione di impedenza del viaggio;
- 3- Approccio basato sui vincoli: misura di opportunità cumulative comprese all'interno di una soglia, di solito rappresentata da un limite di costo predefinito del viaggio;
- 4- Approccio basato sulla percezione delle maggiori utilità: questa classe di indicatori di accessibilità ipotizza che alla base dello spostamento ci sia una scelta del viaggiatore di cogliere le opportunità offerte dal sito di destinazione misurate da una funzione di utilità;
- 5- Misure di tipo composto: possono essere considerate delle varianti del semplice approccio comportamentale visto al punto precedente, in questo caso si tiene conto anche dei vincoli spazio-temporali che l'utente percepisce nella sua scelta basata sull'utilità da raggiungere.

Manira, Northam, Palmer, Lockwood, e Shilton della Società Steer Davies Gleave (2005) distinguono sei gruppi di indicatori:

- Misura di Accesso;
- Misura di Soglia;
- Misura Continua;
- Misura Composta;
- Misura Qualitativa;

salvo qualche piccola differenza di definizione, si possono accostare la misura di accesso e l'approccio basato sul costo del viaggio visto nella classificazione precedente; la misura di soglia e la misura continua sono riconducibili rispettivamente agli approcci riportati ai punti 3 e 2 della stessa classificazione. La misura composta è espressa da indicatori che tengono conto di variabili di tipo diverso (es. accessibilità al lavoro ed accessibilità alla salute), la misura qualitativa è riconducibile all'approccio “comportamentale” e quindi alla categoria riportata al punto 4 della classificazione proposta da Baradaran e Ramjerdi.

Curtis e Scheurer (2010) suddividono gli indicatori di accessibilità in sette categorie:

- Misure di distanza spaziale
- Misure di limite
- Misure “gravitative”
- Misure “di competizione”
- Misure di spazio-tempo
- Misure di utilità
- Misure di rete

Di particolare interesse sono le misure “di competizione”, che pur non essendo un approccio autonomo, introducono sulle altre tipologie di misura delle condizioni aggiuntive dovute alla presenza di più alternative. Le misure di limite e di spazio tempo possono essere interpretate come misure di soglia in senso lato, mentre le misure di rete rilanciano l'importanza della topologia nel calcolo degli indicatori di accessibilità mediante analisi complesse sugli archi e sui nodi che compongono il percorso di viaggio.

Nei casi studio proposti da diversi autori sono prevalenti le misure di tipo “gravitativo” o “potenziale”, con espressioni matematiche di vario tipo (funzioni di probabilità o esponenziali); sono inoltre frequenti approcci multimodali come misure di tipo “gravitativo” che tengono conto di soglia e topologia o misure di “utilità percepita” che tengono conto di attività e orari programmati come quella definita “activity-based” da Dong X., Ben Akiva M.E., Browman J.L., Walker J.L.. (2006). Le variabili di impedenza tengono conto dei tempi e costi del viaggio, mentre le opportunità sono legate sempre più a valori statistici di reddito e ricchezza pro-capite.

In uno studio condotto a scala continentale dal Dipartimento di Economia dei Trasporti della Erasmus University di Rotterdam (2003) sono stati messi a confronto indicatori di accessibilità di vari aeroporti europei con varie dimensioni e importanza.

Le misure hanno riguardato condizioni di accesso e livelli di servizio offerto secondo un approccio non comportamentale.

L'analisi ha riguardato indicatori sulla ripartizione modale dei trasporti, indicatori correlati al trasporto pubblico (disponibilità, tempi, costi) e indicatori correlati al trasporto privato (posti di parcheggio, tempi, costi).

Le variabili significative utilizzate nel calcolo degli indici sono state: tempi di spostamento in auto in picco e fuori picco con relativo rapporto numerico, costi di parcheggio a lungo termine e breve termine con relativo rapporto numerico, tempi di spostamento in auto e mezzo pubblico più rapido con relativo rapporto numerico, numero di parcheggi per impiegati e numero di impiegati con relativo rapporto numerico.

Yamaguchi K. (2007) individua un indice di accessibilità per il trasporto aereo interregionale in ambito giapponese, che tiene conto sia del costo generalizzato del trasporto come combinazione di tempi e frequenze dei voli, sia del livello economico rispettivamente della prefettura di origine e di destinazione dello spostamento.

L'indicatore proposto è:

$$\text{Acc}_{ijt} = S_{ijt} | \ln y_{it} - \ln y_{jt} | / \ln \text{GV}_{ist} \quad \text{dove:}$$

GV_{ijt} = costo del trasporto aereo tra le prefetture di origine e di destinazione, pesato anche in funzione del tempo di viaggio; $| \ln y_{it} - \ln y_{jt} |$ = misura il livello economico di origine e di destinazione; S_{ijt} = percentuale di trasporto aereo; $\text{GV}_{ijt} = P_{ijt} + W_t (T_{ijt} - \omega \ln F_{ijt})$; P_{ijt} = media biglietto aereo da i a j ; W_t = valore medio del salario nell'anno t ; T_{ijt} = tempo medio di viaggio; F_{ijt} = frequenza del trasporto da j a i nell'anno t ; y_{it} e y_{jt} = redditi pro capite medi nell'anno t .

Matisziw T.C., Grubescic T.H. (2009) propongono un indicatore che valuta il costo del viaggio dalla località i , mediante un approccio di tipo gravitativo tenendo conto di soglie e relazioni topologiche.

La relazione analitica è la seguente:

$$\text{Vib} = \left(\sum_j \alpha_j / \delta_{ij} \right) + \left(\sum_m f_m / \gamma_{imb} \right) \quad \text{dove:}$$

α_j = livello di servizio offerto dalla struttura j ; δ_{ij} = costo dell'accesso di viaggio tra il punto i e la struttura della rete di servizi j ; f_m = livello di servizi mantenuti sull'arco m ; γ_{imb} = costo di viaggio dal punto i via arco m data la soglia di accesso b .

Reynolds-Feighan A. and Mc Lay P. scelgono un tipo di misura che definisce come potenziale di attrazione il numero dei posti disponibili per il trasporto aereo pesati in base al rango di ogni singolo aeroporto, variabile in base al numero di connessioni di cui esso dispone.

L'indice di accessibilità è dato da:

$$\text{Acc}^{\text{mn}} = \sum (n_p)_{ij} (w)_j \quad \text{dove:}$$

n_p = numero totale di posti disponibili in tutti i voli dall'origine i alla destinazione j ; w_j = peso di ogni singolo aeroporto di destinazione, dipendente dal numero di aeroporti raggiungibili e dal rango dell'aeroporto in questione,

$$w = (N - (r_i - 1)) / N$$

N = numero totale di aeroporti nella regione; r_i = rango dell'aeroporto in questione.

Insieme agli indicatori numerici dei livelli di accessibilità attiva e passiva di una località, di un'area o di un sistema di trasporto si sta apprezzando in modo crescente la rappresentazione grafica mediante carte tematiche, che consente una rapida comprensione del fenomeno e un supporto fondamentale per i decisori politici.

I GIS (Geographic Information Systems), già largamente utilizzati per diverse questioni inerenti la pianificazione territoriale, sono stati strumenti utili, negli ultimi anni, per rappresentare e calcolare le accessibilità relative alle diverse aree in cui è stato suddiviso il territorio in esame.

Un esempio rilevante di zonizzazione dell'area di interesse e calcolo degli indicatori di accessibilità mediante GIS è quello proposto da Zhu e Liu (2004), che hanno valutato gli effetti, in termini di accessibilità, sulle varie zone di Singapore in seguito alla realizzazione di una rete di trasporto rapido di massa.

Gli autori sopra citati hanno sfruttato la possibilità di personalizzare l'interfaccia di un GIS molto diffuso in commercio, creando uno strumento multi-funzione per il calcolo delle matrici di impedenza dello spostamento e degli indicatori di accessibilità secondo vari modelli, quali misure cumulative di opportunità, misure del potenziale, misure del potenziale modificate e misure del potenziale a doppio vincolo.

2.1.3 DEFINIZIONI E PRIMI APPROCCI QUANTITATIVI

Il concetto di accessibilità, nell'ambito dei sistemi di trasporto, può essere interpretato come lo strumento analitico capace di esprimere il

grado di interconnessione tra elementi dell'ambiente di studio, ma anche come un indicatore sintetico del livello di organizzazione del territorio.

Quasi tutte le definizioni presenti in letteratura pongono l'accento sul concetto di facilità o potenzialità di fruizione, definendo quindi l'accessibilità come uno strumento che denota la facilità con cui ciascuna attività territoriale può essere raggiunta da un'altra località separata spazialmente usando il sistema dei trasporti. C'è da dire, però, che queste definizioni non sono in grado di descrivere indistintamente qualsiasi situazione governata sì da leggi fisico – strutturali, ma anche e soprattutto da leggi economiche e sociali. Da qui l'esigenza di analizzare le varie situazioni, appoggiandosi quindi ad un'approssimazione della configurazione reale, definendo anche i vincoli che ne delimitano il campo di validità.

L'accessibilità è definita come l'estensione o la dimensione alla quale l'uso del territorio e la rete di trasporto permettono agli individui di raggiungere destinazioni e/o opportunità.

Un'altra definizione di accessibilità è la facilità con la quale gli individui riescono a raggiungere beni e servizi. L'accessibilità, a sua volta, può essere studiata con due modalità di approccio: un approccio secondo il quale l'accessibilità si definisce attiva (o raggiungibilità); un altro, rispetto al quale si parla di accessibilità passiva (o accessibilità propriamente detta). Il primo, misura la facilità con la quale un soggetto (individuo, utente di un servizio di trasporti, impresa...), presente in una determinata zona, è in grado di raggiungere le diverse funzioni presenti sul territorio; l'altra modalità di approccio, misura la facilità con la quale un luogo può essere raggiunto da eventuali fruitori presenti nell'ambiente di studio.

La misurazione dell'accessibilità consente di stimare il potenziale di un'area dal punto di vista economico (facilità di scambio e transito delle merci, raggiungibilità di opportunità turistiche e di sviluppo ecc.). Tali misure sono infatti utilizzate per programmare interventi mirati al miglioramento della rete di trasporto al fine di connettere meglio aree geograficamente isolate e/o decongestionare aree eccessivamente sfruttate per gli spostamenti; forniscono inoltre all'analista ed al decisore politico un indice numerico per definire gli obiettivi, le priorità e le strategie di intervento sul territorio. Sono, infine, un valido supporto per fini statistici, quali la valutazione della qualità dei servizi e dello standard di vita degli abitanti di una certa zona.

I concetti sopra definiti sono puramente teorici, per ottenere una misura quantitativa e quindi applicabile a problematiche di gestione del territorio e di pianificazione della rete di trasporto è necessario definire un metodo ed una funzione di misura.

Sulla base delle definizioni, la misura dell'accessibilità tra due aree dipende dalla mutua interazione tra esse e quindi è funzione delle caratteristiche socio-economiche del territorio (SE), delle condizioni e dalle possibilità offerte dalla rete di trasporto (T) e dal tipo di attività dei potenziali utenti (ATT).

Si può scrivere pertanto una funzione di misura del tipo:

$$ACC = ACC (SE, T, ATT)$$

Per valutare l'accessibilità tra due aree, va suddiviso il territorio in unità elementari di base, che possono essere ritenute omogenee rispetto ad una misura quantitativa di accessibilità e rispetto alle variabili significative sopra elencate (SE, T, ATT).

I dati di analisi per definire le condizioni socio-economiche di un territorio, le performance della rete di trasporto e le attività prevalenti svolte in una data area possono essere ottenuti da specifici rilievi, che possono essere reperiti presso enti locali, gestori della rete di trasporti e istituti di statistica, la base di dati principale è spesso rappresentata dai dati ISTAT.

Le funzioni di misura possono essere rappresentative di un approccio al problema di tipo comportamentale o non comportamentale.

Le funzioni di misura non comportamentali tengono conto di variabili significative legate alle condizioni della rete di trasporto attraverso il livello di servizio offerto (LdS), del potenziale attrattivo (Qd) delle zone di destinazione e del potenziale di interazione (Ko) delle zone di possibile origine dello spostamento. Le funzioni di misura comportamentale schematizzano lo spostamento come un insieme di scelte in cui l'utente generico tende a percepire la massima utilità possibile; la percezione dell'utilità dipende dalle condizioni socio-economiche dell'utente potenziale.

Gli indicatori di accessibilità sono, in ogni caso, espressi da una relazione analitica che è funzione delle variabili significative.

Alla formazione delle variabili concorrono uno o più attributi opportunamente pesati.

L'analisi può essere condotta su classi omogenee ad esempio in base a criteri socio-economici o ai motivi dello spostamento, il contributo totale delle componenti elementari rappresenta l'accessibilità totale.

Si riportano di seguito alcune tipologie di misura sulla base dei diversi approcci metodologici utilizzati.

a. Misure di accessibilità topologiche

Tra le più semplici misure di accessibilità ci sono quelle topologiche, le quali, partendo dal grafo rappresentativo del sistema di offerta, caratterizzano in modo quantitativo il grado di interconnessione sulla base di un certo numero di indici.

Per determinare il numero di archi che connettono due località, quindi per determinare un grado di connessione tra due località in funzione del numero di archi, introduciamo l'indice di connessione come:

$$n = N_{archi_{(A-B)}}$$

dove $N_{archi_{(A-B)}}$ rappresenta il numero di archi che collega il luogo A con il luogo B; se tale indice è uguale a zero vuol dire che le località non sono connesse.

Per determinare una misura del grado di distribuzione della rete sul territorio, intesa come copertura delle possibili connessioni definiamo l'indicatore di connessione come:

$$c = \frac{N_{archi}}{3(N_{nodi} - 2)}$$

dove N_{archi} rappresenta il numero complessivo di archi presenti nell'area di studio, mentre il denominatore rappresenta il numero massimo possibile di interconnessioni in relazione al numero di nodi presenti; il valore di c oscilla nell'intervallo]0,1], dove il valore massimo si attinge nel caso in cui il numero di archi presenti sul territorio coincide con quello massimo possibile.

Per determinare l'influenza, e quindi i danni arrecati al sistema da una eventuale interruzione su di un arco introduciamo il numero dei circuiti della rete:

$$I = N_{archi} - N_{nodi} + 1$$

Più tale indice assume un valore alto, minore è il rischio che un'eventuale interruzione in un punto della rete provochi disfunzioni gravi nel sistema.

Per valutare il numero medio di rami per intersezione della rete, introduciamo l'indicatore di complessità:

$$L = \frac{N_{archi}}{N_{nodi}}$$

Tale indice assume valore minimo pari a 0,5 nel caso in cui il numero di archi presenti nella rete è minimo rispetto ai nodi; di contro, valori più alti indicano maggiore capillarità della rete sul territorio.

b. Misure di accessibilità relative al sistema di trasporto

Consideriamo un sistema costituito da una regione territoriale D (la nostra area di studio), suddivisa in n zone, e prendiamo in esame la relativa rete stradale; un punto di partenza per le misure di accessibilità può essere la matrice Origine – Destinazione.

Tale matrice è realizzata ponendo sulle righe i luoghi di origine e sulle colonne i luoghi di destinazione; gli elementi della matrice rappresentano la funzione di impedenza (indici di accessibilità relativa: misura dello sforzo per il superamento di quel particolare spostamento); tale funzione può essere rappresentata in termini di distanza fisica, di costo, di tempo impiegato, etc.

La somma degli elementi disposti su di una riga rappresenta il totale degli spostamenti effettuati da un unico luogo di origine verso tutte le destinazioni dell'area di studio (accessibilità integrale: connessione del luogo i-esimo con il territorio circostante); l'accessibilità integrale è così definita:

$$A_i = \sum_{j=1}^n a_{i,j}$$

Tale misura, introdotta da Ingram nel 1971 come estensione del concetto di accessibilità relativa (c_{i,j}), consente di confrontare il livello di accessibilità dei diversi nodi appartenenti alla regione individuata dall'area

di studio; valori alti di tale indice apparterranno a nodi del territorio meno accessibili.

Altre misure di accessibilità possono essere espresse riferendosi ai reciproci delle variabili di impedenza:

$$A_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n c_{i,j}}$$

dove l'impedenza può essere espressa come tempo, costo oppure distanza.

La somma degli elementi di una colonna rappresenta il totale degli spostamenti effettuabili nell'area di studio verso un'unica destinazione; la somma di tutti gli elementi della matrice rappresenta il totale degli spostamenti effettuabili nell'area di studio, meglio definita accessibilità totale; questa misura esprime il costo complessivo (in termini di tempo, distanze o costo monetario) che l'intera area di studio deve effettuare per raggiungere ogni nodo di tale area.

Tale misura ha, però, la limitazione di non consentire il raffronto con aree limitrofe poiché è calcolata come somma delle accessibilità integrali di tutti i nodi ed è, quindi, molto sensibile nei confronti del numero di nodi. Per superare questa limitazione è stato introdotto un altro indice ricavato come media degli indici normalizzati di accessibilità integrale. Tale indice prende il nome di accessibilità globale.

Sia A' , l'indice normalizzato di accessibilità integrale, definito come:

$$A'_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n c_{i,j}$$

Nell'ipotesi che l'impedenza sia misurata come tempo di viaggio, esso rappresenta il tempo di viaggio medio per uno spostamento che ha origine nel nodo i -esimo e destinazione in uno qualsiasi degli altri nodi appartenenti all'area di studio; conseguenza di ciò, il nodo con il valore dell'indice normalizzato di accessibilità integrale più basso è il nodo mediano per l'area di studio.

Ora, facendo la media dell'indice precedentemente descritto su tutti i nodi appartenenti all'area di studio, otteniamo l'indice di accessibilità globale nella regione scelta:

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A'_i = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{i,j}$$

Questa misura rappresenta, facendo sempre riferimento all'esempio precedente, il tempo di viaggio medio che occorre per effettuare un qualunque degli spostamenti possibili nell'area di studio; proprio il fatto che l'indice sia normalizzato rispetto al numero di nodi presenti nell'area consente il confronto, in termini di accessibilità, con le altre regioni, in quanto rappresenta un'effettiva misura di qualità del sistema di trasporto in ogni area.

Ulteriori misure della qualità del servizio offerto possono essere determinate confrontando il sistema reale con un grafo caratterizzato dagli stessi nodi ma con gli archi che rappresentano i collegamenti in linea d'aria tra i nodi:

$$B_{i1} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (d_{i,j} - \delta_{i,j})$$

$$B_{i2} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \frac{d_{i,j}}{\delta_{i,j}}$$

dove $d_{i,j}$ rappresenta il collegamento reale, mentre $\delta_{i,j}$ rappresenta quello ideale. Il primo rappresenta la distanza media della rete reale da quella ideale, mentre il secondo il rapporto medio della rete reale da quella ideale (sempre maggiore o uguale ad uno).

c. L'accessibilità nei modelli di interazione spaziale

Fino ad ora sono state introdotte formule matematiche per la misura dell'accessibilità che tenevano conto della sola impedenza (costo o tempo di viaggio, oppure distanza); sappiamo che non sono questi gli unici fattori che influenzano uno spostamento, ma ci sono altri fattori da considerare, come la presenza di attività, di alloggi, di opportunità di occupazione ed il livello dei servizi offerti.

Per questi motivi cerchiamo di dare delle definizioni di accessibilità che tengano conto di tutti questi fattori. Prescindendo dalla formulazione tecnica, una tipologia di misura aggregata può essere sintetizzata in questo modo:

$$A_i = \sum_{j=1}^n K_j^\beta \phi(c_{i,j})$$

dove:

- A_i è l'accessibilità ponderata di un residente nella località i rispetto ai j centri presenti nell'area di studio
- K_j^β rappresenta la misura delle attività e dei servizi presenti nella località j ; sono calibrati al tramite del parametro di calibrazione β .
- $\phi(c_{i,j})$ è una funzione d'impedenza, di solito decrescente con il costo $c_{i,j}$.

Un'altra tipologia di misura di accessibilità, complementare a quella precedente, è l'accessibilità ponderata al centro di servizi j da parte di tutti gli utenti degli altri centri:

$$A_j = \sum_{i \in O} O_i^\beta \phi(c_{i,j})$$

dove O_i rappresenta il numero dei residenti nei centri dell'area di studio.

Per la determinazione delle grandezze K ed O , diciamo che le K_j possono essere misurate con delle variabili che esprimano le dimensioni dell'offerta dei servizi del centro j -esimo; analogamente le O_i possono essere determinate con variabili che misurano la quantità di servizi richiesti dagli utenti dell' i -esima località.

Per ottenere queste grandezze ci si può servire anche di più variabili, ognuna delle quali tenga conto di un particolare aspetto, opportunamente omogeneizzate al fine di ottenere un'unica variabile.

Così come per l'accessibilità spaziale, è possibile definire un'accessibilità totale del territorio, indice che esprime il potenziale costo di viaggio totale, ovvero l'efficacia di una data configurazione nell'ipotesi che gli O_i utenti decidano di spostarsi per raggiungere le j località dove vengono offerti K_j servizi, prescindendo dalla convenienza degli utenti ad usufruire dei servizi. Tale misura è così definita:

$$A_t = \sum_{i \in O} \sum_{j \in D} O_i^\alpha K_j^\beta \phi(c_{i,j})$$

Tale misura ha senso soltanto nel caso in cui la domanda di trasporto è indipendente dai costi di viaggio (es: servizi di prima necessità); nel caso, invece, di domanda elastica o poco rigida, la misura globale di accessibilità assume una forma diversa. Si introduce la semplificazione di considerare m centri C , contraddistinti ciascuno da un centro servizi S_k . L'appartenenza di un nodo al centro C_k è determinata al tramite della convenienza che gli utenti hanno nello spostarsi verso il centro servizi S_k , funzione, quindi, della sola impedenza. L'accessibilità totale può quindi essere determinata come:

$$A_t = \sum_{k=1}^m \sum_{i \in C_k} O_i^\alpha \phi(c_{i,S_k})$$

L'appartenenza degli utenti al centro C_k è determinata in modo tale che tale funzione sia minimizzata; la funzione A_t è, inoltre soggetta al vincolo che per ogni k la somma della domanda dei servizi non può superare l'offerta:

$$\sum_{i \in C_k} O_i \leq X_{S_k}$$

con X_{S_k} disponibilità dei servizi per il centro C_k .

Questa formulazione esprime il costo totale per l'accesso ad un servizio nell'ipotesi che lo spostamento dipenda solo da valutazioni economiche. Vediamo ora quali sono le espressioni presenti in letteratura per la determinazione della funzione di impedenza $\phi(c_{i,j})$; le più importanti in ordine cronologico sono:

Espressione di Hansen (1959):

$$\phi(c_{i,j}) = c_{i,j}^{-\alpha}$$

In particolare, se $\alpha=1$, l'accessibilità assume la seguente forma:

$$A_i = \sum_j K_j C_{i,j}^{-1}$$

L'accessibilità è, quindi, misurata dalla somma delle attività localizzate sul territorio, pesate con valori decrescenti all'aumentare del costo di trasporto.

Espressione di Wilson (1967):

$$\phi(c_{i,j}) = \exp(-(\beta_1 t_{i,j} + \beta_2 c_{i,j}))$$

L'impedenza è espressa come combinazione lineare di tempi e costi monetari.

Espressione di Ingram (1971):

$$\phi(c_{i,j}) = \exp\left(-\frac{d_{i,j}^2}{\gamma}\right)$$

I limiti di tali formulazioni sono: prima di tutto la determinazione dei valori da attribuire ai diversi parametri; questi, infatti, non possono essere calibrati sulla base di osservazioni reali. Un superamento di tale limite sta nell'assumere parametri per analogia, ossia valori prossimi a quelli determinati con fenomeni verificabili sperimentalmente (es.: viaggi casa-lavoro).

Una ulteriore limitazione sta nel fatto che tale misura implica un comportamento deterministico degli utenti (tutti gli individui della stessa zona hanno lo stesso livello di accessibilità) e non contempla le differenti percezioni delle alternative.

d. L'accessibilità nei modelli disaggregati

Proprio per superare il limite precedentemente descritto, ovvero considerare un comportamento di tipo deterministico, si vuole, ora, considerare il comportamento del singolo utente; vogliamo quindi riferirci ad una funzione di accessibilità disaggregata, basandosi sui modelli di utilità aleatoria.

Questi modelli si basano sull'ipotesi che ogni utente sia un decisore razionale ovvero un massimizzatore dell'utilità relativa alle proprie scelte.

Più in particolare i modelli di utilità aleatoria si basano, oltre che su questa, sulle seguenti ipotesi:

- a) Ogni utente f -esimo considera, nell'effettuare la scelta, tutte le m_f alternative disponibili, differenti per utenti diversi (es.: possessori di patente e non).
- b) Il decisore f -esimo, associa, ad ogni alternativa j dell'insieme delle m_f alternative, un'utilità o "attrattiva" U_{jf} e sceglie l'alternativa con l'utilità più alta.
- c) L'utilità associata ad ognuna delle alternative disponibili dipende da una serie di caratteristiche misurabili, o attributi, propri dell'alternativa stessa e del decisore.

Attraverso questo approccio è possibile individuare la probabilità di scelta di una singola destinazione da parte del singolo utente.

Per ciò che concerne gli attributi, introdotti nella terza ipotesi, questi possono essere distinti in tre classi: attributi di livello di servizio, quelli propri del servizio offerto da sistema di trasporto (tempi, costi, frequenza dei servizi, comfort, etc.); attributi del sistema di attività, quelli dipendenti dall'uso del territorio (numero negozi, numero scuole, etc.), attributi socio-economici, quelli propri dell'utente.

Sulla base delle ipotesi fatte, non è possibile dire con certezza quale alternativa, tra le m_f disponibili, sceglierà l'utente f -esimo, ma è possibile esprimere la probabilità con la quale sceglierà l'alternativa j -esima come la probabilità che l'utilità associata a tale alternativa sia la massima.

L'utilità percepita può essere espressa come somma di due termini: il primo, l'utilità sistematica V_{jf} , che rappresenta la medio o il valore atteso dell'utilità percepita tra tutti gli utenti con lo stesso contesto di scelta del decisore f -esimo; il secondo, il residuo aleatorio ε_{jf} , che rappresenta lo scostamento dell'utilità percepita dall'utente f -esimo rispetto al valore medio. Quindi:

$$U_j^f = V_j(X_j^f) + \varepsilon_j^f \quad \forall j \in I^f$$

dove I_f rappresenta l'insieme di scelta dell'utente f -esimo.

Secondo Wilson, l'utilità associata ad una zona può essere ottenuta come la differenza tra l'utilità associata alla dimensione del bene o del servizio reperibile in quella zona, ed il costo associato allo spostamento per

usufruirne. Ora, nell'ipotesi che i residui aleatori siano identicamente ed indipendentemente distribuiti secondo una variabile aleatoria di Gumbel, e, come conseguenza, che le utilità percepite U_j siano distribuite secondo la stessa legge, possiamo determinare l'utilità massima come:

$$U_{\max} = \log \sum_j e^{V_j}$$

e se in particolare andiamo ad esplicitare l'utilità sistematica come:

$$V_j(X_j^f) = \beta_0 \log K_j - \beta_1 c_{i,j} - \beta_2 t_{i,j}$$

dove il vettore $X_{if} = (K_j, c_{ij}, t_{ij})$ è rappresentato da K_j (numero delle attività nella zona j), $c_{i,j}$ e $t_{i,j}$ rispettivamente costo e tempo di viaggio tra i e j , si ha:

$$V_j = \log \left(K_j^{\beta_0} e^{-(\beta_1 c_{i,j} + \beta_2 t_{i,j})} \right)$$

$$A_i^* = \log \sum_j \left(K_j^{\beta_0} e^{-(\beta_1 c_{i,j} + \beta_2 t_{i,j})} \right) = \log A_i$$

Allora l'utilità totale per l'utente che proviene dalla zona i , è uguale al logaritmo naturale dell'accessibilità della zona i , così come è stata espressa nel modello interspaziale di Wilson. L'accessibilità può essere, allora, utilizzata come misura dei benefici sociali associati ad un certo assetto del territorio. L'utilità generale del sistema, indicata con O_{\square} la popolazione omogenea residente nella zona i , è uguale all'accessibilità logaritmica totale:

$$\sum_i U_i = \log \sum_i \sum_j \left(O_i^{\alpha} K_j^{\beta_0} e^{-(\beta_1 c_{i,j} + \beta_2 t_{i,j})} \right) = \log A_i$$

Il costo di trasporto medio è proporzionale alla derivata prima (cambiata di segno) dell'accessibilità logaritmica totale rispetto ad una costante β . L'indice di affollamento, rapporto tra utenti e dimensione del servizio considerato in una zona, è proporzionale alla derivata prima dell'accessibilità logaritmica totale rispetto alla dimensione dei servizi in zona.

L'utilità totale associata alla località i , e per popolazione omogenea O_i , può essere espressa come:

$$U_i^{O_i} = O_i A_i^*$$

e. L'accessibilità nel problema spazio temporale

La trattazione teorica sull'accessibilità fin qui sviluppata, è stata condotta senza tener conto della relazione che esiste tra lo svolgimento delle attività distanti ed il limite temporale dei singoli individui a svolgerle.

Per meglio comprendere il problema, analizziamo un esempio concreto: ogni individuo svolge ciclicamente diverse attività (mangiare, dormire, lavorare, divertirsi, etc.), in punti differenti del territorio. Egli potrà portare a termine queste attività in intervalli di tempo diversi, vincolato, fra l'altro, dalla massima velocità con cui è in grado di spostarsi da un luogo all'altro. In più, molte di queste attività, quali ad esempio lavorare o studiare, sono vincolate a tempi normativi ben definiti; come conseguenza le altre attività sono vincolate a queste.

Una buona forma di rappresentazione di questo problema è stata data da Hugerstrand (1973) ; il suo metodo di rappresentazione si basa sul fatto che, gli individui, nel loro ciclo di attività, sono individuabili da due coordinate: una spaziale ed una temporale.

Nel caso in cui, gli individui, svolgono la loro attività senza doversi spostare, la traiettoria che individua questa situazione è rappresentata da una retta parallela all'asse dei tempi. Nel trasferirsi da un luogo all'altro, l'individuo deve percorrere dei tratti un po' inclinati; questo è giustificato dal fatto che, nello spostarsi, impiega del tempo, quindi quei tratti hanno un'inclinazione che varia in funzione della velocità di trasferimento.

In definitiva, lo spazio – azione giornaliero di un individuo è racchiuso in un prisma i cui punti rappresentano i luoghi la cui probabilità di essere inclusi nei percorsi individuali è alta.

E' evidente che queste rappresentazioni sono astratte, poiché dovrebbero modificarsi a seconda della struttura dello spazio locale e della rete di trasporto; ma hanno il vantaggio di mettere in luce i diversi vincoli, che limitano la partecipazione degli individui alle diverse attività, classificabili in quattro classi:

- 1- Vincoli tecnologici: lo spazio che un utente può percorrere in un particolare intervallo di tempo è vincolato al sistema di trasporto disponibile (velocità di spostamento, discontinuità dei trasporti, etc.).

-
- 2- Vincoli di partecipazione: indicano dove, quando e per quanto tempo gli individui possono dedicarsi a determinate attività.
 - 3- Vincoli sociali: limitano l'accessibilità a specifici domini tramite l'uso di leggi, regole, barriere economiche, etc.
 - 4- Vincoli fisiologici: sono legati alle attività connesse alla vita umana (dormire, mangiare, etc.).

E' facile comprendere come tali vincoli possano interagire con la rappresentazione su esposta: una coppia di coordinate per l'origine di uno spostamento (coordinata spaziale e coordinata temporale), una per la destinazione ed una velocità massima di spostamento individuano un prisma, o meglio un'area entro la quale tutti i punti rappresentano località raggiungibili con i vincoli esposti. Questo metodo di rappresentazione consente di individuare anche l'autonomia temporale che ogni località possiede in relazione allo spostamento da effettuare; come già anticipato, i punti di frontiera avranno autonomia nulla.

Scopo di uno studio di accessibilità è quello di rendere il più possibile ampio questo dominio spazio tempo, ovvero di migliorare la rete dei trasporti. Tutto ciò può essere fatto con interventi di vario genere: interventi sulla rete di trasporto volti all'incremento della velocità, per una maggiore flessibilità sui vincoli di partecipazione, per la modifica della durata di permanenza in un sito.

2.2 MODELLI DI SIMULAZIONE DI COMPORAMENTI DI SPOSTAMENTO

2.2.1 Approccio comportamentale e teoria dell'utilità aleatoria

Per la determinazione e la previsione dei comportamenti di spostamento è possibile eseguire una stima secondo un approccio basato solo sulle variabili significative del sistema considerato (*approccio non comportamentale*) o considerare la scelta complessiva come l'insieme di più scelte individuali (*approccio comportamentale*). L'approccio comportamentale di scelta presuppone una serie di ipotesi preliminari da fare:

- a) 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 (si pensi alla scelta del modo di trasporto, dove l'insieme di scelta di un utente che non possiede la patente e/o l'autovettura evidentemente non comprenderà l'alternativa "auto da guidatore");
- b) Il decisore i associa a ciascuna alternativa j del suo insieme di scelta un'utilità o "attrattività" percepita U_{ij} e sceglie l'alternativa che massimizza tale utilità;
 - c) L'utilità associata a ciascuna alternativa di scelta dipende da una serie di caratteristiche misurabili, o *attributi*, propri dell'alternativa stessa e del decisore, $U_{ij} = U_i(\mathbf{X}_{ij})$, dove \mathbf{X}_{ij} 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. Ad esempio, l'automobile sarà scelta o meno non perché è tale, ma per le caratteristiche di tempo, costo, comfort, disponibilità ecc. che offre rispetto ai modi di trasporto alternativi;
 - d) A causa di vari fattori quali l'incertezza nella definizione e la non misurabilità di alcuni attributi, 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.

Quindi ci sarà una parte dell'utilità che l'analista sarà in grado di stimare con precisione in funzione degli attributi, detta *utilità sistematica*, che coinciderà con l'utilità media percepita dagli utenti, ed una parte sconosciuta detta *residuo aleatorio*, sulla quale l'analista dovrà fare delle ipotesi di partenza, in base alla caratterizzazione del residuo aleatorio sarà formalizzato un modello di simulazione.

Considerando un modello di scelta basato sull'utilità aleatoria, non sarà quindi possibile definire con certezza la scelta del generico decisore, ma piuttosto la probabilità che questi scelga l'alternativa j , considerando quindi tale alternativa più vantaggiosa delle altre.

Dal punto di vista analitico, indicando con:

\mathbf{U}_i il vettore dei valori di utilità percepita di dimensione $(m_i \times 1)$, con elementi U_{ij} ;

V_i il vettore dei valori di utilità sistematica di dimensione $(m_i \times 1)$, con elementi V_{ij} ;
 e_i il vettore dei residui aleatori, di dimensione $(m_i \times 1)$, con elementi e_{ij} ;
 $f(e)$, la funzione di densità di probabilità congiunta dei residui aleatori;
 $F(e)$, la funzione di distribuzione congiunta dei residui aleatori.
 L'espressione dell'utilità percepita può quindi essere posta in forma vettoriale come:

$$U_i = V_i + e$$

È possibile ottenere diverse forme funzionali dei modelli di utilità aleatoria, nell'ambito delle ipotesi generali fatte sulle diverse funzioni di distribuzione di probabilità congiunte per i residui aleatori e che compaiono nell'espressione dell'utilità percepita.

Alla famiglia di modelli Logit appartengono diversi modelli: il Logit Multinomiale, il Logit Gerarchizzato ad uno o più livelli, il Cross Nested Logit fino al Valore Estremo Generalizzato o GEV.

L'ordine con il quale sono stati sopra elencati i modelli della famiglia Logit è crescente per grado di difficoltà e generalità, si parte da condizioni più semplificate per il Multinomiale fino ad arrivare a modelli in grado di descrivere qualsiasi contesto di scelta e quindi analiticamente più complessi, ovviamente il primo modello rappresenta un caso particolare di applicazione del modello generale (GEV). Tale complessità crescente può essere espressa anche mediante la matrice delle covarianze dei residui aleatori.

In questo capitolo ci si soffermerà solo sul Logit Multinomiale e sul Logit Gerarchizzato, con brevi accenni ad alcuni tipi di modelli più complessi.

2.2.2 Utilità sistematica e attributi significativi

Ciascuna alternativa $j \in J$ avrà una certa probabilità P_j di risultare quella con la massima utilità e quindi di essere scelta dal decisore, ovvero:

$$\blacksquare P_j = \Pr[U_j \geq U_k, \forall k \in J]$$

La probabilità di una scelta di un'alternativa dipende dai valori di utilità sistematica delle varie alternative possibili e dalla legge di distribuzione dei residui aleatori ϵ .

L'utilità sistematica rappresenta la media dell'utilità percepita fra tutti gli individui che hanno gli stessi valori degli attributi, ed è di solito espressa come una funzione lineare degli attributi X_j^i e dei coefficienti β_k ovvero:

$$\blacksquare V_j^i(X_j^i) = \beta_k X_{kj}^i = \beta^T X_j^i$$

Gli attributi espressi dal vettore X_j^i possono essere schematicamente raggruppati in tre famiglie principali: *attributi di livello di servizio*, *attributi del sistema di attività* e *attributi socio-economici*.

Alla prima categoria appartengono quelli propri del servizio offerto dal sistema di trasporto (tempi, costi, costi generalizzati, numero parcheggi, frequenza dei servizi, ecc.); alla seconda categoria appartengono quelli propri delle attività presenti nell'area di studio (numero di attività produttive, ricettive e pubbliche); mentre alla terza categorie appartengono gli attributi propri al decisore, in particolare reddito, età e grado di scolarizzazione.

Gli attributi possono essere classificati inoltre come *generici*, se inclusi con valori non nulli nell'utilità di più di un alternativa nella stessa forma e con lo stesso coefficiente β_k o come *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, essa è definita *Attributo Specifico dell'Alternativa* (ASA), il suo coefficiente β è definito *Costante Specifica dell'Alternativa* (CSA); tale costante dell'utilità sistematica rappresenta la differenza fra l'utilità media e quella espressa dagli altri attributi presenti nell'espressione.

Per descrivere i modelli della famiglia Logit è utile introdurre la variabile di soddisfazione o *utilità inclusiva* che è data dalla media del massimo delle utilità percepite, ovvero:

$$\blacksquare W = E[\max \{U_j : j \in J\}]$$

mentre la variabile ad essa proporzionale è definita dall'espressione:

$$\blacksquare Y = W/\theta$$

è detta variabile *logsum*.

2.2.3 Logit Multinomiale

Tra i modelli di utilità aleatoria rappresenta una versione semplificata ottenuta ponendo delle opportune condizioni al contorno. In particolare è ipotizzato che i residui aleatori ε_j relativi alle diverse alternative di scelta siano indipendentemente ed identicamente distribuiti (i.i.d.), secondo una variabile aleatoria di Gumbel a media nulla e di parametro θ .

La media e la varianza della variabile di Gumbel valgono rispettivamente:

$$E[\varepsilon_j] = 0$$
$$\text{Var}[\varepsilon_j] = \sigma_\varepsilon^2 = (\pi^2 \theta^2) / 6$$

Un'altra proprietà importante della variabile di Gumbel è quella definita come *stabilità rispetto alla massimizzazione*, ovvero il massimo di variabili di Gumbel indipendenti e di uguale parametro θ è ancora una variabile di Gumbel di parametro θ .

Le caratteristiche sopra menzionate rendono la variabile di Gumbel 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.

La probabilità di scegliere l'alternativa j di un opportuno insieme è espressa in funzione delle utilità sistematiche nell'espressione seguente:

$$p[j] = \frac{\exp(V_j / \theta)}{\sum_{k=1}^m \exp(V_k / \theta)}$$

che definisce il modello *Logit Multinomiale*.

L'andamento delle probabilità di scegliere l'alternativa j -esima rispetto alle altre alternative dipende dalle differenze tra l'utilità sistematica V_j e le utilità sistematiche associate alle altre alternative di scelta. Il parametro θ ci dà informazione sulla dispersione della scelta rispetto alla massima utilità sistematica: per valori di θ tendenti a zero il modello si avvicinerà a quello deterministico per cui l'alternativa con valore massimo di V_j avrà

una probabilità di scelta tendente all'unità, per valori di θ alti le percentuali di scelta tra le diverse alternative tenderanno a diventare della stessa grandezza.

Dal punto di vista analitico si può osservare che:

- per valori elevati di θ il modello degenera in una funzione uniforme con valori pari a 0.5. In questo caso il modello non ha alcuna capacità predittiva. Le cause possono essere molteplici: (1) le utilità sistematiche che l'analista è in grado di stimare sono molto diverse da quelle percepite dagli utenti, (2) i comportamenti di scelta all'interno della classe i sono molto dispersi.
- per valori bassi di θ (al limite tendenti a 0) il modello degenera nella funzione a scalino, ovvero, al modello deterministico (funzione a scalino). In questo caso la utilità sistematica (le differenze) stimata dall'analista è uguale all'utilità percepita da tutti gli utenti appartenenti alla classe i .

Dalle suddette considerazioni si comprende che il parametro θ è una misura di quanto la capacità predittiva del modello si discosti dai reali comportamenti di scelta della classe di utenti i . Il parametro è calcolato in fase di calibrazione del modello, fase in cui l'analista cerca di riprodurre i comportamenti di scelta con il modello ipotizzato e per vari valori delle utilità e del parametro θ . Affinché un modello di scelta non deterministico sia in grado di riprodurre in maniera realistica i comportamenti di scelta (le ripartizioni percentuali o probabilità di scelta) è necessario che l'analista sia in grado di stimare:

- (a) le utilità sistematiche, ovvero, il valore dell'utilità percepita che l'analista è in grado di stimare (attributi e coefficienti di omogeneizzazione –parametri del modello - β);
- (b) il parametro θ , ovvero, quanto l'utilità realmente percepita si discosta dalla utilità sistematica.

Una volta fissati i valori delle utilità sistematiche (degli attributi e dei relativi coefficienti) sono infiniti i valori del parametro θ che forniscono le stesse probabilità di scelta, e, viceversa, una volta fissato il parametro θ sono infiniti i vettori dei coefficienti β che forniscono le stesse probabilità di scelta. Un tal problema, anche noto come di non identificabilità di tutti i parametri, non significa che i parametri β o il parametro θ non sono rilevanti, ma che non possono essere stimati separatamente.

Per ovviare a siffatti problemi numerici di non identificabilità dei parametri non si può fare altro che calibrare simultaneamente i parametri β e θ , ovvero, calibrando i rapporti β_a / θ .

$$V_j / \theta = \sum_a \beta_a / \theta \times X_{aj}$$

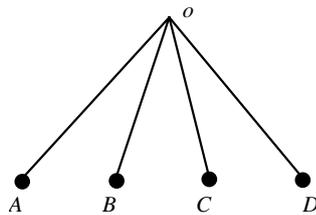


Figura 2.1 Struttura dell'albero di scelta di un modello Logit Multinomiale.

Il modello Logit Multinomiale considera l'ipotesi di indipendenza dei residui aleatori e pertanto andrebbe utilizzato in contesti di scelte con alternative chiaramente distinte, altrimenti si corre il rischio di sopravvalutare una ipotesi molto simile ad un'altra e pertanto trascurare le vere alternative di scelta concorrenti.

$$\sum_{\varepsilon} = \sigma_{\varepsilon}^2 \mathbf{I} = \frac{\pi^2 \theta^2}{6} \begin{matrix} & A & B & C & D \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & A \\ & & & & B \\ & & & & C \\ & & & & D \end{matrix}$$

Figura 2.2 Matrice delle covarianze di un modello Logit Multinomiale.

2.2.4 Logit Gerarchizzato

Quando ci si trova in presenza di alternative fortemente correlate, è più opportuno considerare un percorso decisionale "ad albero", nel quale si sceglie prima il gruppo di alternative correlate (es. spostamento in treno o su gomma) e poi si sceglie l'alternativa specifica a ciascun insieme di

scelta (es. auto privata o bus); tale percorso decisionale è quello considerato nel modello *Logit Gerarchizzato*.

L'albero può essere visto come la rappresentazione del processo di scelta; nel caso di scelta ad un livello di gerarchizzazione, si può immaginare che il decisore, partendo dal nodo radice, scelga dapprima il gruppo k fra quelli disponibili (rappresentati dai nodi collegati alla radice) e quindi l'alternativa elementare j fra quelle appartenenti al gruppo k (rappresentate dalle foglie uscenti dal nodo k). Infatti, nel modello Logit Gerarchizzato l'espressione della probabilità di scelta della generica alternativa $p[j]$ è ottenuta come il prodotto della probabilità $p[j/k]$ di scegliere l'alternativa elementare j condizionata all'aver scelto il gruppo k cui essa appartiene, moltiplicata per la probabilità $p[k]$ di scegliere il gruppo k fra tutti quelli disponibili.

La probabilità di scelta dell'alternativa specifica sarà pertanto espressa dal prodotto:

$$p[j] = p[j/k] \cdot p[k]$$

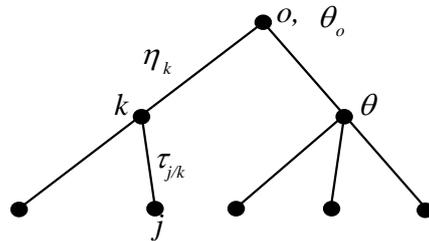


Figura 2.3 Struttura dell'albero di scelta di un modello Logit Gerarchizzato ad un livello.

Per il modello Logit Gerarchizzato ad un livello si assume che i residui delle alternative disponibili ad ogni nodo di decisione siano variabili aleatorie di Gumbel identicamente ed indipendentemente distribuite (i.i.d.). Ciò implica che i residui $t_{j/k}$ siano identicamente ed indipendentemente distribuiti per tutti i gruppi k e tutte le alternative j secondo delle variabili di Gumbel con media nulla e con lo stesso parametro q . L'utilità percepita associata alla scelta dell'alternativa j fra tutte quelle appartenenti al gruppo k , $U_{j/k}$, può essere espressa come:

$$\begin{aligned}
U_{j/k} &= V_j + \tau_{j/k} & \forall j \in I_k, \forall k \\
E[\tau_{j/k}] &= 0 & \forall j \in I_k, \forall k \\
Var[\tau_{j/k}] &= \pi^2 \theta^2 / 6 & \forall j \in I_k, \forall k
\end{aligned}$$

La probabilità risultante sarà espressa allo stesso modo del Logit Multinomiale:

$$p[j/k] = \frac{\exp(V_j / \theta)}{\sum_{i \in I_k} \exp(V_i / \theta)}$$

Al livello più alto, (nodo radice o), la scelta avviene fra gruppi di alternative, con ciascun gruppo k che può essere considerato come un'alternativa composta. La probabilità p[k] di scegliere il gruppo k equivale alla probabilità di scegliere un'alternativa appartenente a tale gruppo fra tutte quelle disponibili. Tale probabilità può essere ottenuta associando al gruppo k un'utilità percepita complessiva U_k^* , ottenuta come l'utilità della alternativa più "conveniente", ovvero come il massimo delle utilità delle alternative del gruppo stesso:

$$U_k^* = \max_{j \in I_k} (U_j) = \max_{j \in I_k} (V_j + \tau_{j/k}) + \eta_k$$

L'ipotesi di partenza del modello Logit Gerarchizzato è che a ciascun livello di scelta i residui aleatori delle alternative disponibili siano indipendentemente ed identicamente distribuiti come variabili di Gumbel, si ipotizza cioè che gli ε_k^* siano i.i.d. come variabili di Gumbel a media nulla e parametro θ_0 :

$$\begin{aligned}
E[\varepsilon_k^*] &= 0 & \forall k \\
Var[\varepsilon_k^*] &= \pi^2 \theta_0^2 / 6 & \forall k
\end{aligned}$$

Sulla base delle ipotesi fatte, la probabilità di scelta del gruppo k sarà espressa con un modello Logit Multinomiale:

$$p[k] = Pr[U_k^* > U_h^*] = Pr[\theta Y_k - \theta Y_h > \varepsilon_h^* - \varepsilon_k^*] \quad \forall h \neq k$$

e, pertanto:

$$p[k] = \frac{\exp(\theta Y_k / \theta_o)}{\sum_h \exp(\theta Y_h / \theta_o)} = \frac{\exp(\delta Y_k)}{\sum_h \exp(\delta Y_h)}$$

dove δ indica il rapporto dei parametri θ e θ_o , delle variabili di Gumbel associate ai due livelli di scelta considerati:

$$\delta = \theta / \theta_o$$

In definitiva la probabilità di scegliere l'ipotesi j sarà ottenuta come probabilità composta tra i due livelli di scelta operata sul ramo principale e sul ramo secondario dell'albero:

$$p[j] = p[j/k] \cdot p[k] = \frac{\exp(V_j / \theta)}{\sum_{i \in I_k} \exp(V_i / \theta)} \cdot \frac{\exp(\delta Y_k)}{\sum_h \exp(\delta Y_h)}$$

Tale espressione in forma chiusa rappresenta il modello *Logit Gerarchizzato ad un livello*.

Nel modello Logit Gerarchizzato, la varianza delle utilità percepite è costante per tutte le alternative.

Vi è anche una covarianza positiva e costante tra i residui casuali di ogni coppia di alternative appartenenti allo stesso gruppo, mentre la covarianza tra alternative appartenenti a gruppi diversi è nulla.

2.2.5 Cross-Nested Logit

Il *Cross-Nested Logit* (CNL) può essere visto come un'estensione del modello HL, permette di simulare molteplici correlazioni tra le alternative ipotizzando gruppi parzialmente sovrapposti (Vovsha, 1997; Papola, 2004) e può essere espresso come:

$$p[j] = \sum_{g \in G} p[g] \cdot p[j/g]$$

Essa rappresenta il fatto che un'alternativa può appartenere, in linea di principio, a qualsiasi gruppo g . Il grado di appartenenza di un'alternativa j ad un gruppo g è indicata con $\alpha_{jG} \in [0, 1]$. I gradi di appartenenza devono soddisfare la seguente equazione di normalizzazione:

$$\sum_{g \in G} \alpha_{jg} = 1 \quad \forall j$$

Le espressioni analitiche di $p[j/g]$ e $p[g]$ sono le seguenti:

$$p[j/g] = \frac{\alpha_{jg}^{1/\delta_g} \exp^{V_j/\theta_g}}{\sum_{i \in I_g} \alpha_{ig}^{1/\delta_g} \exp^{V_i/\theta_g}} ; \quad p[g] = \frac{\left(\sum_{i \in I_g} \alpha_{ig}^{1/\delta_g} \exp^{V_i/\theta_g} \right)^{\delta_g}}{\sum_{t \in G} \left(\sum_{i \in I_t} \alpha_{it}^{1/\delta_t} \exp^{V_i/\theta_t} \right)^{\delta_t}}$$

dove I_g (I_t) è il generico insieme di alternative appartenenti al gruppo g (t), θ_g (θ_t) è il parametro associato ad un nodo intermedio, θ_o il parametro associato alla radice (al livello di prima scelta come nella formulazione HL) e δ_g (δ_t) il rapporto θ_g/θ_o (θ_t/θ_o). I parametri da calibrare sono gli stessi del modello MNL più α_{jg} e δ_g per ciascun gruppo (g) e per ciascuna alternativa (j).

2.2.6 Mixed Multinomial Logit

Il modello *Multinomial Mixed Logit* (MMNL) è un modello altamente flessibile che può approssimare qualsiasi modello di utilità casuale (McFadden e Train, 2000). La formulazione più semplice si basa sui coefficienti casuali, in cui l'utilità di ogni decisore è specificata come:

$$U_j = \sum_k \beta_k X_{kj} + \sum_h \gamma_h X_{hj} + \varepsilon_j \quad \forall j \in I$$

dove X_{kj} sono gli attributi esplicativi che riguardano l'alternativa e il decisore introdotto prima, β_k è il generico coefficiente dell'attributo k , γ_h è il coefficiente generico dell'attributo h che rappresenta il gusto del decisore che dovrebbe essere distribuito in modo casuale con densità $f(\gamma_h)$, ε_j è il termine casuale che è una variabile IID casuale di Gumbel di media zero e di parametro θ .

Supponendo che $\tilde{\gamma}$ e $\tilde{\beta}$ sono i vettori dei parametri, le probabilità Mixed Logit sono gli integrali di probabilità Logit standard su una densità di parametri.

$$p[j] = \int \frac{\exp[V_j(\tilde{\beta}/\theta, \tilde{\gamma}/\theta)]}{\sum_{m \in M} \exp[V_m(\tilde{\beta}/\theta, \tilde{\gamma}/\theta)]} \cdot f(\tilde{\gamma}/\theta) \cdot d(\tilde{\gamma}/\theta)$$

Ci sono due serie di parametri in un modello Logit misto: i parametri β_k , ed i parametri che descrivono la densità dei parametri γ_h . Il Mixed Logit non presenta l'indipendenza delle alternative irrilevanti, consente per la variazione di scelta casuale, la sostituzione senza restrizioni dei modelli, e la correlazione dei fattori non osservati nel corso del tempo.

2.3 MODELLI DI SIMULAZIONE DI COMPORTAMENTI DI SCELTA DELL'AEROPORTO: INQUADRAMENTO METODOLOGICO

2.3.1 Introduzione

Lo studio comparato dei tre aeroporti principali percepiti come alternative per gli spostamenti dagli utenti della Regione Campania necessita di uno strumento molto potente che investiga la "percezione di utilità" e quindi comporta la scelta di un aeroporto rispetto ad un altro.

A valle della definizione di indicatori di accessibilità più sofisticati e basati sulla teoria dell'utilità si devono quindi calibrare i modelli scelti per rappresentare il fenomeno mediante il confronto con osservazioni di comportamenti realmente adottati dagli utenti.

Per simulare la scelta di un aeroporto l'analista considera un insieme di attributi significativi che influenzano la scelta stessa da parte dell'utente. Tali attributi appartengono a tre famiglie principali: attributi del livello di servizio offerto o LdS (numero parcheggi, costo della sosta, facilità e comfort degli spostamenti all'interno dell'aeroporto), attributi propri della performance offerta dal sistema di trasporto in accesso/egresso dall'aeroporto o T (tempi di viaggio, costo del viaggio, costo generalizzato dello spostamento) e attributi delle attività presenti o ATT (numero residenti, numero addetti, reddito medio). Tali attributi di scelta

saranno inoltre percepiti in modo diverso, a secondo delle caratteristiche (età, reddito e grado di scolarizzazione) del decisore.

I modelli di scelta dell'aeroporto forniscono la percentuale di utenti appartenenti ad una determinata categoria i che ha scelto di spostarsi con il modo di trasporto aereo e che, recandosi dalla zona o alla zona d per il motivo s nella fascia oraria h , sceglie l'aeroporto a_k . Gli approcci al problema possono essere suddivisi in *comportamentali* e *non comportamentali*.

I modelli *comportamentali* si basano su ipotesi esplicite dei comportamenti di scelta degli utenti del sistema di trasporto aereo e simulano le percentuali di scelta di uno specifico aeroporto riproducendo siffatti comportamenti in funzione di variabili caratteristiche dell'utente e dello spostamento, variabili di livello di servizio e/o variabili caratteristiche dell'alternativa. I modelli comportamentali sono calibrati su comportamenti rilevati o dichiarati da un campione di utenti (dati di tipo disaggregato) e, potendo essere caratterizzati da un numero superiore di variabili, consentono una più completa interpretazione del fenomeno di scelta. I modelli *non comportamentali* (econometrici e/o di tipo regressivo) non presuppongono alcun paradigma interpretativo del fenomeno della scelta, e stimano la percentuale di utenti attratti da uno specifico aeroporto partendo da variabili aggregate rappresentative del contesto sociale (residenti), economico (addetti) e trasportistico (livello di servizio offerto). Siffatti modelli, a differenza dei modelli comportamentali, sono calibrati a partire da dati di tipo aggregato e rappresentativi di configurazioni direttamente osservabili (e.g. flussi di domanda origine spostamento-aeroporto per tutti gli aeroporti in esame).

Per gli obiettivi del presente lavoro, come già accennato sopra, si concentrerà l'attenzione sui modelli di tipo comportamentale basati sulla teoria dell'utilità aleatoria.

In generale, la formalizzazione di un modello basato sulla teoria dell'utilità aleatoria richiede la specificazione di quattro problematiche: i) quali le alternative di scelta, ii) quale l'insieme di scelta, iii) quale la funzione di scelta, iv) quale caratterizzazione dell'utenza e quali le variabili significative del fenomeno che definiscono la funzione di utilità sistematica.

Uno spostamento con il modo di trasporto aereo può essere schematizzato come una successione di scelte compiute dall'utente, e all'interno delle quali la scelta dell'aeroporto può essere interpretata come una dimensione di scelta.

In generale, è possibile distinguere un approccio implicito o un approccio esplicito. L'*approccio esplicito* analizza la scelta dell'aeroporto all'interno di un processo decisionale, più o meno complesso, in cui si ipotizza quali dimensioni di scelta sono coinvolte (e.g. la compagnia aerea, il volo, l'aeroporto di destinazione, il modo di accesso, l'orario desiderato di partenza o di arrivo, la classe), con quale ordine gerarchico sono affrontate e come si influenzano reciprocamente.

L'approccio esplicito consente, inoltre, la simulazione dell'incidenza delle dimensioni di scelta inferiori (se più di una) sulle dimensioni di scelta superiori.

Nell'approccio implicito, il problema si riconduce sul come modellare la sola scelta dell'aeroporto e sul come rappresentare l'incidenza delle altre dimensioni di scelta. Ciò solitamente avviene mediante variabili proxy introdotte all'interno delle funzioni di utilità sistematica associabili a ciascun aeroporto.

I principali approcci presenti in letteratura (schematizzati in tab. 2.1) nella maggior parte dei casi analizzano la sola scelta dell'aeroporto e/o tengono esplicitamente conto della scelta del modo di accesso, in rari casi simulano la scelta combinata aeroporto, compagnia e/o volo.

Tabella 2.1 Classificazione dei possibili contesti di scelta e contributi presenti in letteratura

	<i>Survey</i>	<i>origin airport</i>	<i>+ access mode</i>	<i>+ destination airport</i>	<i>+ airline</i>	<i>+ flight</i>	<i>model</i>
Skinner, 1976	RP						MNL
Harvey, 1987	RP						
Ashford and Benchemann, 1987	RP						
Ozoka and Ashford, 1989	RP						
Innes and Doucet, 1990	RP						
Thompson and Caves, 1993	RP						
Windle and Dresner, 1995	RP						
Hansen, 1995	RP	●					
Bradley, 1998	SP						
Suzuki et al., 2003	RP						
Hess et al., 2007	SP						
Loo, 2008	SP						
Ishii, 2009	RP						
Hess, 2010	RP						
Marcucci and Gatta, 2011	SP						
Cohas et al., 1995	RP						non behavioural
Augustinus et al., 1978	RP	●					
Fuellhart, 2003	RP						
Basar and Bhat, 2004	RP	●					choice set +MNL
Hess and Polak, 2005a/b	RP						MMNL
Marcucci and Gatta, 2011	SP	●					
Ishii, 2009	RP						
Furuichi and Koppelman, 1994	RP	●		●			NL
Pels et al., 1997, 2000 and 2001	RP	●					NL
Hess et al., 2007	SP				●		
Ndoh et al., 1990	RP	●				●	NL
Mandel, 1999	RP						NL
Bondzio, 1996	RP	●	●				
Monteiro and Hansen 1996	RP						
Suzuki, 2007	RP						
Veldhuis et al., 1999	RP	●	●			●	NL
Hess and Polak, 2006a/b	RP	●	●		●		CNL/NL /MNL
Pels et al., 2003 and 2009	RP	●	●		●	●	NL

Per l'obiettivo specifico del lavoro, ovvero per la stima dei parametri da inserire in indicatori di accessibilità basati sulla teoria dell'utilità aleatoria si preferirà l'approccio implicito, perché più speditivo e quindi rispondente ad uno studio di accessibilità dei siti aeroportuali.

Una volta prefissata la struttura decisionale, è necessario definire l'insieme di scelta. In questo caso le problematiche che è necessario affrontare sono due: (i) quali sono le alternative tra cui l'utente può scegliere (*insieme di scelta*); (ii) quale è il grado di percezione di ciascuna alternativa da parte dell'utente (*grado di disponibilità*).

A parità di origine, destinazione, motivo dello spostamento e/o del tipo di viaggio che si desiderano analizzare, la definizione dell'insieme di scelta è solitamente affrontata mediante un approccio di tipo selettivo in cui, a fronte di tutti gli aeroporti compatibili con le caratteristiche dello spostamento in esame (individuazione esaustiva), si procede ad una selezione degli aeroporti trasportisticamente più efficienti. Il concetto di efficienza trasportistica, sebbene soggettivo, è solitamente correlato a misure di raggiungibilità dell'aeroporto (*accessibilità passiva*) e può essere esplicitato mediante la introduzione di prefissate soglie temporali e/o soglie di costo monetario. Nonostante le soglie dovrebbero essere calibrate su osservazioni sperimentali, distinguendo per motivi dello spostamento in esame (affari o svago) e alla tipologia di spostamento (domestico o internazionale), un approccio consolidato ed utilizzato dai maggiori aeroporti europei ipotizza un raggio di influenza pari a due ore in auto (*BOB pilot report*, 2003). Mai utilizzate sono le soglie sulle tariffe aeree, sulle compagnie aeree o sui servizi offerti dal singolo aeroporto. L'incidenza di siffatte caratteristiche è solitamente tenuta in conto all'interno del modello di scelta dell'aeroporto mediante opportune variabili o simulando la scelta della volo e/o della compagnia esplicitamente.

Per quanto concerne il grado di disponibilità, anche in questo caso, il problema può essere affrontato seguendo un approccio implicito o un approccio esplicito. Il primo consiste nella simulazione della percezione/disponibilità di una alternativa mediante l'introduzione di variabili (*proxy*) nelle funzioni di utilità sistematica del modello di scelta. Siffatte variabili simulano la maggiore o minore percezione della disponibilità di una generica alternativa, la variabile solitamente utilizzata è la frequenza dei voli o sue trasformazioni funzionali.

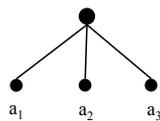
L'approccio esplicito, prefissati una classe di utenti ed un motivo dello spostamento, consiste nella specificazione di un modello di formazione

dell'insieme di scelta (Cascetta, 2001). Un approccio di tipo esplicito è stato recentemente proposto da Basar e Bhat (2004). Il lavoro propone un modello probabilistico (Manski e Lerman, 1977; Swait e Ben-Akiva, 1987) che stima la probabilità che un aeroporto appartenga ad un predefinito insieme di scelta. I risultati evidenziano come la probabilità sia influenzata dal tempo di accesso e della frequenza dei voli.

Per quanto attiene le funzioni di scelta dell'aeroporto e nell'ambito della teoria dell'utilità aleatoria, è possibile individuare una chiara prevalenza del modello *Logit Multinomiale* (MNL) per simulare le probabilità di scelta del solo aeroporto (Skinner, 1976; Ashford e Benchemann, 1987; Harvey, 1987; Ozoka e Ashford, 1989; Inees e Doucet, 1990; Thompson e Caves, 1993; Windle e Dresner, 1995) e del modello *Nested-Logit* (NL o *Logit Gerarchizzato*) per simulare le probabilità di scelta combinate aeroporto-modo di accesso (Bondzio, 1996; Pels et al., 2003), aeroporto-compagnia (Pels et al., 1997, 2000 e 2001), aeroporto-volo (Ndoh et al., 1990) o destinazione-aeroporto di origine (Furuichi e Koppelman, 1994). Altre formulazioni matematiche, ancorché consolidate nella letteratura scientifica e in altri campi applicativi, non hanno ancora avuto grande attenzione, nonché campi applicativi di notevole importanza. Tra queste ultime è rilevante citare il modello *Cross-Nested-Logit* (CNL) proposto da Hess e Polak (2005c) per la simulazione del contesto di scelta aeroporto-modo di accesso-compagnia e il modello (MXL) *Mixed-Logit*, proposto da Hess e Polak nel 2005 (a/b) per la scelta del solo aeroporto di partenza. Comune a tutte le funzioni di scelta è la schematizzazione della funzione di utilità sistematica che è esprimibile come combinazione lineare di variabili, X_{ak} , omogeneizzate mediante coefficienti β_m .

La diffusione del modello MNL è legata alla formulazione matematica in forma chiusa (tab. 2.2) che rende facile la calibrazione dei parametri e la sua applicazione, ma anche alle buone capacità riproduttive nei contesti di scelta in cui è stato applicato e nei quali le alternative sono chiaramente distinte (de Luca, 2004).

Tabella 2.2 Modello MNL: dimensioni di scelta e funzione di scelta

Dimensioni di scelta e struttura gerarchica	Funzione di scelta
	$p[a_1] = \frac{\exp(V_{a_1} / \theta)}{\sum_{k=1}^3 \exp(V_{a_k} / \theta)}$
<p>contesto di scelta: 3 aeroporti (a_k)</p>	<p>dove:</p> <p>$V_{a_k} = \sum_m \beta_m X_{m,a_k} \rightarrow$ utilità sistematica a alternativa a_k</p> <p>$X_{m,a_k} \rightarrow$ variabili del fenomeno (par.3.3)</p> <p>$\theta, \beta_m \rightarrow$ parametri del modello</p>

Il modello MNL è la opzione naturale per i contesti di scelta che non presentano combinazioni di dimensioni di scelta (e.g. aeroporto-compagnia) 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 (e.g. modi di trasporto) soggiacenti ad una alternativa gerarchicamente superiore (e.g. aeroporto). 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 NL (tab. 2.3) consente di superare i limiti del MNL, a parte l'omoschedasticità, in quanto simula esplicitamente (a) la struttura gerarchica del processo decisionale, (b) le correlazioni, ove esistano, tra le utilità percepite delle alternative di scelta appartenenti a dimensioni gerarchicamente inferiori, (c) l'influenza di dimensioni decisionali inferiori sulle dimensioni superiori mediante la variabile di soddisfazione (e.g. scelta della compagnia o modo sulla scelta dell'aeroporto).

Tabella 2.3 Modello NL: dimensioni di scelta, strutture gerarchiche e funzione di scelta

Dimensioni di scelta e strutture gerarchiche	Funzione di scelta
- 3 aeroporti (a_k) = 3 gruppi (I_g) - 3 compagnie (c_k) - ipotesi di correlazione tra le alternative appartenenti allo stesso gruppo	$p[a_1] = \frac{\exp(V_{a_1} / \theta_0 + \delta Y_{I_1})}{\sum_{k=1}^3 \exp(V_{a_k} / \theta_0 + \delta Y_{I_k})}$ $p[c_1] = p[a_1] \cdot \frac{\exp(V_{c_1} / \theta)}{\sum_{i \in I_1} \exp(V_{c_i} / \theta)}$
	dove: $V_{a_k} = \sum_m \beta_m X_{m,a_k} \rightarrow$ utilità sistematica alternativa a_k $Y_{I_k} = \ln \sum_{g \in I_k} \exp(V_{c_g} / \theta) \rightarrow$ variabile di soddisfazione
[NL₁] - 3 aeroporti (a_k), 1 gruppo (I_1)	$p[a_1] = \frac{\exp(V_{a_1} / \theta_0 + \delta Y_{I_1})}{\sum_{k=1}^3 \exp(V_{a_k} / \theta_0 + \delta Y_{I_k})}$ $Y_{I_1} = \ln \sum_{g \in I_1} \exp(V_{a_g} / \theta) \rightarrow$ variabile di soddisfazione
[NL₂]	

Il modello NL ipotizza una gerarchia nel processo di scelta, a meno che sia già esplicita, unendo alternative simili in gruppi e modellando la scelta in una scelta preventiva tra i gruppi (dimensione di scelta superiore) ed una successiva scelta tra le alternative appartenenti ai singoli gruppi (dimensione di scelta inferiore). Se ci si trova in un contesto di scelta mono-dimensionale (e.g. solo aeroporto), la suddivisione in gruppi è ipotizzata dall'analista (si veda NL2), ovvero è una logica conseguenza (si veda NL1) se in presenza di un contesto multi-dimensionale in cui si simulano più dimensioni di scelta e si è ipotizzata a priori una struttura gerarchica del processo di scelta (e.g. aeroporto-compagnia). In tab. 3.3 sono riportati due esempi e le formulazioni matematiche delle corrispondenti funzioni di scelta.

Il modello CNL, a differenza del NL, consente di riprodurre strutture di correlazione incrociate tra tutte le utilità percepite delle alternative

elementari e non solo tra le utilità percepite delle alternative soggiacenti ad un'alternativa gerarchicamente superiore (gruppo).

Dall'analisi degli lavori presenti in letteratura emerge che le *variabili più significative* sono tre:

la tariffa aerea, (Ashford e Benchemann, 1987; Hess e Polak, 2005 a/b)

la frequenza del volo (Ashford e Benchemann, 1987; Thompson e Caves, 1993; Bhasar e Bhat, 2004, Hess e Polak 2005 a/b)

e le misure di accessibilità all'aeroporto di origine (Thompson e Caves, 1993; Ozoka e Ashford, 1989; Hess e Polak, 2005a/b)

Benché numerose altre variabili (durata del volo, pacchetti di volo disponibili, età, genere, reddito, numero di bagagli, passate esperienze) siano state sperimentate, nessuna assume peso comparabile con le precedenti.

In generale, la frequenza rappresenta la utilità dell'utente a non modificare i propri orari in base agli orari dei servizi disponibili. La rilevanza della variabile è strettamente interrelata alla predisposizione dell'utente a adeguarsi agli orari disponibili e, pertanto, è molto influenzata dal motivo dello spostamento, dalla tipologia di utente, dalla durata dello spostamento. Hess e Polak (2005 a/b) mostrano come la frequenza dei voli è molto significativa (statisticamente e quantitativamente) per gli utenti visitatori e per i motivi dello spostamento non-business. Molti studi sottolineano, infine, che le quote di mercato di una compagnia aerea crescono più che proporzionalmente al crescere della frequenza dei voli offerti. Ne consegue che le compagnie preferiscono fare viaggiare più voli in modo da fornire una frequenza percepita maggiore all'utenza, rispetto al fatto di riempirli tutti. Pels et al. (2003) stimano le elasticità dirette, all'interno di un modello Logit gerarchizzato modo-aeroporto, ed evidenziano come i comportamenti di scelta sono molto più sensibili alla frequenza rispetto alle tariffe, ai tempi e ai costi di accesso ad un aeroporto.

La variabile frequenza è solitamente espressa in differenti modi, in genere si distinguono: la frequenza relativa, la frequenza giornaliera, la frequenza settimanale. La frequenza relativa è definita come il numero di voli in partenza dall'aeroporto di origine diviso per il numero totale di voli per la stessa destinazione da tutti gli aeroporti della area di studio (eliminando i voli con scalo e tipologie specifiche di voli). La frequenza giornaliera è il numero di voli giornalieri verso la destinazione in esame, la frequenza settimanale è il numero di voli settimanali. Siffatte misure della frequenza possono sovrastimare la influenza del servizio offerto e,

soprattutto, possono essere poco significative se il servizio non è uniformemente distribuito nell'intervallo temporale di analisi (e.g. giorno, settimana, ecc.). Da studi empirici e dal buon senso emerge che al crescere della frequenza, l'utilità marginale percepita dall'utente diminuisce.

2.3.2 Specificazione, calibrazione e validazione del modello

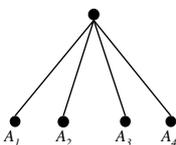
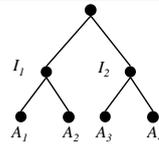
Un modello di scelta dell'aeroporto è particolarmente adatto per la simulazione di opzioni di intervento di medio-lungo termine (e.g. localizzazione di aeroporto), in cui gli attori e le caratteristiche del servizio offerto sono noti con un livello di dettaglio molto aggregato (e.g. frequenze dei voli, tariffe medie, ecc.). Per la simulazione di interventi a breve termine è preferibile tenere esplicitamente conto dell'influenza della numerosità e delle caratteristiche dei servizi offerti e, pertanto, è preferibile esplicitare modelli di scelta combinata. Per quanto riguarda l'obiettivo specifico del presente lavoro, ovvero la previsione della scelta e il confronto tra le accessibilità garantite dai tre aeroporti presi in considerazione, ovvero Napoli, Roma Fiumicino e Roma Ciampino, l'interesse sarà concentrato sul contesto di scelta semplice *solo aeroporto*.

In un contesto di scelta semplice, è possibile adottare sia il modello MNL che il modello HL. Il modello MNL è ragionevole nell'ipotesi che gli aeroporti appartenenti all'insieme di scelta non abbiano caratteristiche in comune. Il modello HL nell'ipotesi che due aeroporti siano percepiti come simili. In questo caso l'analista è chiamato a formulare esplicite ipotesi in base alla conoscenza degli aeroporti coinvolti e, in generale, tiene conto di aspetti quali l'appartenenza ad una stessa area geografica, la condivisione di stesse compagnie aeree (ovvero tempi servizi e tariffe simili), o di servizi simili.

La stima della domanda di trasporto attraverso i modelli matematici richiede che tali modelli vengano specificati, calibrati e validati. In altri termini è necessario definire la forma funzionale e le variabili (attributi) che nel modello compaiono, stimare i coefficienti o parametri, verificare la "qualità statistica" del modello ossia la sua capacità di riprodurre i dati disponibili. Un buon modello di domanda è di solito il risultato di un processo di "trial and error" in cui il ciclo specificazione-calibrazione-validazione viene ripetuto più volte fino al raggiungimento di un modello "soddisfacente".

Queste operazioni che saranno sinteticamente indicate come *stima del modello*, possono essere effettuate a partire da informazioni sui comportamenti di mobilità di un campione di utenti del sistema di trasporto da ricavarsi con indagini opportune; questo caso prende il nome di *stima disaggregata* dei modelli di domanda. In tab. 2.4 sono riportate le formulazioni matematiche relative ai modelli di scelta di un aeroporto più comuni.

Tabella 2.4 Scelta dell'aeroporto: possibili formulazioni matematiche

Logit Multinomiale - MNL	Logit gerarchizzato - HL
utilità percepite non correlate	utilità percepite correlate
 <p style="text-align: center;">contesto di scelta = 4 alternative</p>	 <p style="text-align: center;">contesto di scelta = 4 alternative / 2 a 2 percepite simili</p>
$p^i[A_j / o, s] = \frac{\exp(V_{A_j}^i / \theta^i)}{\sum_{k=1}^4 \exp(V_{A_k}^i / \theta^i)}$	$p^i[A_1 / o, s] = p^i[I_1] \cdot \frac{\exp(V_{A_1}^i / \theta^i)}{\sum_{A_m \in I_1} \exp(V_{A_m}^i / \theta^i)}$ $p^i[I_1] = \frac{\exp(\delta^i \cdot Y_{I_1}^i)}{\sum_{g \in G} \exp(\delta^i \cdot Y_{I_g}^i)}$

Dove:

$p^i[A_j/o,s]$ è la probabilità di scelta del generico aeroporto A_j della classe di utenti i , emessi dalla zona o per il motivo s ;

$V_{A_j}^i$ è l'utilità sistematica del generico aeroporto A_j e relativa alla classe di utenti i ;
È solitamente espressa come combinazione lineare di variabili mediante coefficienti di omogeneizzazione da calibrare: $\sum_k \beta_k^i \cdot X_{A_j,k}$. Per un'analisi delle variabili si rimanda al par.3.3.3.

g è il generico gruppo di alternative,

G il numero totale dei gruppi

I_g è l'insieme delle alternative appartenenti al gruppo g

$Y_{I_g}^i$ è la variabile di *soddisfazione (logsum)* relativa alla classe di utenti i e calcolabile per ciascun gruppo, I_g , in cui sono state classificate le alternative elementari.
È esprimibile come:

$Y_{I_g}^i = \ln \sum_{A_m \in I_g} \exp(V_{A_m}^i / \theta^i)$, dove A_m sono le alternative appartenenti al gruppo I_g .
 $\theta^i ; \delta^i$ sono i parametri del modello da calibrare.

Nell'ipotesi di utilità percepite correlate dovrebbe assumere valore compreso nell'intervallo $[0,1[$. In caso contrario ($\delta \geq 1$) si può rigettare l'ipotesi di utilità percepite correlate.

Le indagini utilizzate per ottenere informazioni elementari su cui stimare i modelli di domanda possono appartenere a due diverse classi: indagini relative ai comportamenti effettivamente rivelati o dimostrati dagli utenti in un contesto reale (indagine sulle *preferenze rivelate*) ovvero indagini relative ai comportamenti dichiarati dagli utenti in contesti ipotetici (indagini sulle *preferenze dichiarate*).

In generale, specificare un modello di domanda significa identificarne completamente la struttura matematica ovvero definirne la forma funzionale e le variabili (attributi) che in esso compaiono. In pratica, specificare significa definire:

- Quale approccio alla simulazione del fenomeno?
- Quale paradigma interpretativo?
- Quale modello?
- Quali parametri incogniti?

La *specificazione del modello* dipende dal livello di dettaglio che si desidera perseguire. Per il caso specifico, si richiede la stima di variabili caratteristiche degli aeroporti coinvolti e delle caratteristiche dei servizi offerti. Le variabili possono essere molto aggregate rispetto ai servizi offerti, ovvero specifiche della destinazione oggetto dello studio.

La scelta delle variabili di ingresso è funzionale ad avere un modello che riproduce la realtà osservata e che sia facilmente applicabile. Non è raro, infatti, incontrare formulazioni modellistiche molto sofisticate nelle ipotesi e nelle variabili, ma che hanno scarse possibilità di essere applicate.

Se un modello è stato calibrato su comportamenti di cui è nota la destinazione e mediante variabili che ne tengono conto, non è pensabile di estenderlo ad un insieme di utenti di cui non si conoscono le destinazioni dello spostamento. Allo stesso modo, è inutile utilizzare variabili molto sofisticate se poi in fase applicativa siffatte variabili non sono facilmente ricavabili.

Prima di introdurre le variabili è bene evidenziare che una corretta specificazione di un modello passa attraverso una preliminare segmentazione degli utenti in classi omogenee in base a macro-caratteristiche quali: il motivo dello spostamento, la durata dello spostamento, la condizione professionale, il periodo dello spostamento ecc. L'individuazione delle classi dovrebbe essere fatta a monte della progettazione delle indagini al fine di avere numerosità campionarie

significative per ciascuno strato. Dove questo non fosse possibile e laddove la numerosità campionaria non fosse sufficiente per la calibrazione di un modello per strato, è consigliabile introdurre variabili di tipo binario all'interno del modello stesso.

In generale le variabili possono essere classificate nelle seguenti categorie:

- variabili caratteristiche dell'utente e del viaggio → SE / TRIP
- variabili di accessibilità all'aeroporto → ACC
- variabili caratteristiche dell'aeroporto → AIRP
- variabili caratteristiche del livello di servizio offerto → LdS

Calibrare il modello significa ottenere delle stime dei coefficienti β , componenti del vettore β , e dei coefficienti θ , componenti del vettore θ sulla base delle scelte effettuate da un campione di utenti.

Il metodo più semplice per la calibrazione dei parametri del modello è il ben noto metodo dei minimi quadrati.

Il concetto di base è che il modello (i cui parametri vogliamo calibrare) deve essere in grado di riprodurre le osservazioni sperimentali a disposizione. I valori dei parametri del modello sono stimati come quei valori che consentono di riprodurre nel miglior modo possibile le osservazioni sperimentali. Se si introduce una misura di distanza (la somma dei quadrati delle differenze) tra osservazioni sperimentali e previsioni del modello, il problema consiste nella ricerca dei parametri che minimizzano siffatta funzione di distanza e può essere formalizzato come un problema di ricerca del minimo di una funzione.

La *calibrazione di un modello* di scelta dell'aeroporto di tipo comportamentale richiede osservazioni sperimentali in cui siano noti almeno il motivo dello spostamento e l'aeroporto scelto. Assunto che maggiori informazioni (e.g. destinazione, compagnia, volo, orario di partenza) non possono che aumentare la capacità riproduttiva e interpretativa di un modello, deve essere chiaro che il livello di dettaglio deve confrontarsi con le finalità dell'analisi. Se lo scopo è di simulare opzioni di intervento e se gli scenari da simulare non prevedono la definizione di orari, tariffe e/o compagnie è inutile effettuare indagini non proporzionate con gli obiettivi. In questa ottica, un modello di scelta dell'aeroporto è la soluzione adatta a situazioni in cui i tempi e le risorse finanziarie non consentono indagini dettagliate e/o situazioni in cui l'analista non è in grado di stimare attributi coerenti con le caratteristiche

spaziali (e.g. destinazione) e temporali dello spostamento (e.g. ora, giorno).

D'altra parte anche uno studio di valutazione dell'accessibilità che utilizzi i parametri di calibrazione ottenuti da un modello di scelta comportamentale, si inquadra, in particolare, nelle fasi pre- e meta-progettuali di un intervento, ciò comporta la necessità di tempi rapidi e costi contenuti per la sua realizzazione.

Le stime da modello, così come le stime dirette, si basano su osservazioni sperimentali che richiedono la progettazione e l'esecuzione di specifiche indagini. In generale, è possibile distinguere indagini di tipo a domicilio o indagini di tipo a destinazione presso l'aeroporto. Da ciascuna di esse si possono estrarre informazioni di tipo *disaggregato* o *aggregato*.

Informazioni *disaggregate* forniscono indicazioni dettagliate sulle caratteristiche dell'utente e dello spostamento (e.g. destinazione, orari, compagnia, volo, tariffa, bagagli, ecc.) e sono funzionali ad analisi particolareggiate sulle variabili che incidono sul *bacino di utenza* di un aeroporto o alla specificazione di modelli comportamentali. Tuttavia, non si deve trascurare che modelli molto dettagliati sono difficilmente applicabili (e.g. conoscere la destinazione dello spostamento aereo è inutile se in fase applicativa non conosco la matrice origine-destinazione della domanda di trasporto aerea) e, pertanto, potrebbe essere poco efficiente eseguire una campagna di interviste per poi specificare modelli con poche e semplici variabili.

Le osservazioni *aggregate* sono rappresentative di comportamenti aggregati di utenti (e.g. flussi di utenti) e, solitamente, sono già disponibili da fonti istituzionali, o sono ottenibili in tempi brevi e costi minori senza richiedere complesse progettazioni dell'indagine.

Le osservazioni di spostamento aereo accertate direttamente o dichiarate rappresentano la base di dati utilizzata anche per la *validazione del modello*. Requisito fondamentale di un modello di scelta di un aeroporto è infatti la riproducibilità delle percentuali di scelta del campione di utenti effettivamente osservate.

Nella fase di validazione si verificano la ragionevolezza e la significatività dei parametri stimati attraverso appropriati test di ipotesi effettuati a partire da informazioni relative a un campione di utenti; tali scopi possono essere raggiunti attraverso due tipologie principali di test:

- *test informali* sui coefficienti di un modello

-
- *test formali* sui coefficienti di un modello

Alla prima categoria appartengono i test che si basano sulla previsione dei segni dei coefficienti calibrati e sui relativi rapporti reciproci.

Si tratta di verificare che i coefficienti di attributi corrispondenti a “costi” o disutilità, (ad esempio i tempi o i costi monetari) siano negativi e analogamente siano positivi i coefficienti relativi ad attributi di convenienza od utilità (ad esempio la disponibilità di automobili nell'utilità del modo “auto” di un modello di scelta modale o la quantità di esercizi commerciali nel modello di scelta della destinazione). Segni errati dei coefficienti indicano che molto probabilmente ci sono errori nella base dati utilizzata per il calcolo degli attributi, nei risultati dell'indagine ovvero è errata la specificazione del modello. Ad esempio in un modello di scelta del percorso su rete stradale in genere accade che i percorsi autostradali, sebbene più costosi vengono frequentemente scelti dagli utenti in quanto più confortevoli, anche a parità di tempo medio di viaggio. Se nella specificazione del modello non si è tenuto conto in qualche modo del maggior comfort di guida offerto dai tronchi autostradali può accadere che la procedura di calibrazione assegni un valore positivo al coefficiente relativo al costo in modo da far aumentare l'utilità sistematica e quindi la probabilità di scelta delle alternative autostradali.

Una diversa specificazione del modello, ad esempio introducendo un attributo pari alla lunghezza del tratto di autostrada di ciascun percorso, dovrebbe ricondurre il coefficiente del costo al valore negativo atteso.

Un altro elemento di verifica sono i rapporti fra i coefficienti di attributi diversi. Il rapporto tra i coefficienti del tempo e del costo monetario può essere interpretato come valore percepito del tempo (VOT) e può essere confrontato con i risultati di altre calibrazioni e le aspettative sulla disponibilità a pagare degli utenti. In generale si può dire che per questo tipo di verifiche è di grande aiuto la notevole mole di informazioni e di risultati riportati nella letteratura scientifica e tecnica. Ad esempio per il modello di scelta modale della città di Napoli il valore del tempo percepito è di circa 5 Euro/ora e questo valore è in linea con quelli di altre realtà italiane e non.

I Test formali sui coefficienti del modello verificano la significatività statistica delle stime dei parametri del modello, si basano sulla teoria dei test delle ipotesi.

I Test sulla capacità riproduttiva del modello verificano la capacità del modello di riprodurre le scelte effettuate da un campione di utenti, può essere misurata utilizzando la statistica rho-quadro:

$$\rho^2 = 1 - [\text{obb}(\beta^{\min})] / \text{obbL}(\mathbf{0})$$

Tale statistica è una misura normalizzata nell'intervallo [0,1] della capacità del modello di riprodurre le scelte osservate. La statistica rho-quadro confronta il valore della funzione obiettivo calcolata ipotizzando parametri tutti nulli ($\beta = 0$) e calcolata con i parametri ottenuti dalla sua minimizzazione (β^{\min}). Il rho-quadro vale zero se $\text{obb}(\beta^{\min})$ è eguale a $\text{obb}(\mathbf{0})$ (tutti i parametri sono zero $\beta = 0$) ovvero il modello non ha alcuna capacità esplicativa, vale 1 se il modello riproduce perfettamente (percentuale/probabilità di scelta pari a 1 per l'alternativa scelta) le scelte effettivamente fatte da ogni utente del campione ovvero il modello ha una perfetta capacità riproduttiva.

2.3.3 Approccio stocastico comportamentale per la scelta di un aeroporto

L'approccio stocastico affronta il problema della stima del grado di appartenenza come un problema di percezione dell'aeroporto. L'ipotesi di base è che ciascun utente sceglie l'aeroporto da cui partire all'interno di un insieme di possibili aeroporti (insieme di scelta percepito- IP) e tale insieme è definito dalla conoscenza che l'utente ha dell'offerta di trasporto e da soggettivi criteri di valutazione. In tale contesto si può affermare che l'utente (e la sua zona di origine) appartiene al bacino di influenza di un generico aeroporto se l'aeroporto appartiene all'insieme di scelta dell'utente.

Sotto queste ipotesi il problema è facilmente formalizzabile mediante una funzione binomiale:

$$\phi_{o,A_j}^i = \begin{cases} 1 & \text{se } A_j \in \text{IP}^i \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

e sarebbe immediatamente risolvibile se l'analista fosse in grado di ragionare per singolo utente e di conoscere l'insieme di scelta di ciascun utente.

Nella realtà l'analista ipotizza un insieme di scelta, aggrega gli utenti in classi omogenee e assume che tutti gli utenti appartenenti alla medesima classe percepiscano lo stesso insieme di scelta. Stante le approssimazioni che è costretto a fare e stante la forte eterogeneità all'interno di una stessa classe di utenti, è facile concludere che gli utenti ben difficilmente percepiscono l'insieme di scelta prefissato dall'analista.

Una possibile soluzione è rappresentata da un approccio probabilistico. Si assume che l'analista, una volta definiti i possibili aeroporti di origine ed enumerati tutti i possibili insiemi di scelta, è in grado di associare a ciascun insieme di scelta la probabilità che esso sia l'insieme di scelta per la classe di utenti in esame. Sotto queste ipotesi il grado di appartenenza al bacino di influenza può essere stimato come la probabilità che A_j sia percepito come un'alternativa, ovvero come la probabilità che la classe di utenti in esame percepisce gli insiemi di scelta contenenti A_j come possibili insiemi di scelta.

Se

i è la generica classe di utenti;

o è la generica zona di origine dello spostamento aereo;

N_o è l'insieme degli aeroporti di possibile partenza dalla zona o ;

A_j è il generico aeroporto di possibile origine appartenente a N_o ;

G_o è l'insieme costituito dai possibili insiemi di scelta. A loro volta ottenuti come combinazione di tutti gli aeroporti appartenenti all'insieme N_o ;

$I_{o,z}$ è il generico insieme di scelta di G_o ;

$P^i[I_{o,z}]$ è la probabilità che l'insieme di scelta $I_{o,z}$ è percepito dalla classe di utenti residente nella zona o ;

ϕ_{o,A_j}^i è il grado di appartenenza della zona o al *bacino di influenza* dell'aeroporto A_j ;

si può concludere che:

→ A_j è percepito se sono percepiti gli insiemi di scelta che la contengono,

→ il grado di percezione di A_j è uguale alla somma delle probabilità che l'utente percepisca gli insiemi $I_{o,z}$ che la contengono:

→ il grado di appartenenza, ϕ_{o,A_j}^i , della zona o al bacino di

influenza di A_j è uguale al grado di percezione di A_j .
Formalmente:

$$\phi_{o,A_j}^i = \sum_z P[I_{o,z}] \quad \forall z : I_{o,z} \subset A_j$$

Il problema si riconduce alla stima della probabilità $P[I_{o,z}]$.
Se si ipotizza che le probabilità di ogni singola alternativa appartenente all'insieme di scelta $I_{o,z}$ sono indipendenti tra loro, la probabilità $P[I_{o,z}]$ può essere formulata nel modo seguente:

$$p[I_{o,z}] = \frac{\prod_{A_h \in I_{o,z}} P[A_h \in I_{o,z}] \cdot \prod_{A_k \notin I_{o,z}} [1 - P[A_k \in I_{o,z}]]}{1 - P[I_{o,z} \equiv \emptyset]}$$

Dove, il primo produttorio è esteso a tutte le alternative incluse in $I_{o,z}$ ed il secondo a tutte quelle non incluse in $I_{o,z}$; la probabilità che l'insieme di scelta sia vuoto serve a normalizzare le probabilità $P[I_{o,z}]$ per tener conto del fatto che l'evento di insieme di scelta vuoto ($I_{o,z} \equiv \emptyset$) non si realizza mai nel fenomeno simulato in quanto almeno una delle alternative appartiene all'insieme di scelta del decisore. Essa è data da:

$$p[I_{o,z} \equiv \emptyset] = \prod_{A_h \in N_o} [1 - P[A_h \in I_{o,z}]]$$

Il problema si riconduce alla stima delle probabilità che la generica alternativa appartenga all'insieme di scelta: $P[A_h \in I_z]$.
L'approccio più consolidato in letteratura è rappresentato da un modello Logit binomiale:

$$p[A_h \in I_{o,z}] = \frac{1}{1 + \exp\left(\sum_q \gamma_q Y_{qh}\right)}$$

dove le variabili Y_q sono le variabili che misurano la disponibilità/percezione dell'alternativa A_j e γ_q sono i relativi coefficienti di omogeneizzazione.

L'implementazione di un approccio probabilistico richiede l'identificazione delle variabili rilevanti del modello e la relativa calibrazione dei

parametri.

Le variabili devono essere in grado di descrivere le caratteristiche dei singoli aeroporti con un livello di dettaglio coerente con le finalità di uno studio di un *bacino di influenza*. In generale, si adotteranno variabili aggregate rappresentative: dell'accessibilità passiva, del numero di compagnie, della frequenza giornaliera dei voli, del numero di destinazioni servite.

La calibrazione è condotta a partire da osservazioni sperimentali di comportamenti di singoli utenti (informazioni disaggregate) o da osservazioni di flussi di utenti (informazioni aggregate). In questo caso è necessario distinguere le osservazioni che forniscono unicamente informazioni sulla percezione degli insiemi di scelta, dalle osservazioni che forniscono informazioni sulla sola scelta dell'aeroporto. Nel primo caso la calibrazione del modello è immediata perché basterà calibrare i parametri delle formulazioni proposte in modo che riproducano i comportamenti osservati. Tuttavia, è necessario implementare un'indagine ad-hoc ad un campione di utenti chiamato a rivelare la propria percezione rispetto a insiemi di scelta reali o verosimili.

Nel caso di informazioni sulla sola scelta dell'aeroporto, è necessario integrare i modelli proposti con modelli di scelta dell'aeroporto e condurre una calibrazione simultanea finalizzata alla stima dei parametri di entrambe i modelli. Tale soluzione, indubbiamente più complessa, è consigliabile se si hanno già disponibili osservazioni sperimentali.

L'approccio stocastico comportamentale consente di tenere esplicitamente conto di tutti gli aeroporti di possibile partenza e, pertanto, consente di simulare più efficacemente un contesto competitivo. Dall'altro lato è bene chiarire che, rispetto ai metodi introdotti in precedenza, richiede tempi di implementazione maggiori e competenze specifiche.

Il *bacino di utenza* di un aeroporto ha un significato geografico, in quanto definisce le aree geografiche degli utenti dell'aeroporto, ed uno quantitativo poiché è rappresentativo del numero di utenti del sistema di trasporto aereo che utilizza l'aeroporto in esame. Il bacino di utenza di un aeroporto A_0 è esprimibile come la somma del numero di spostamenti aerei di utenti appartenenti ad una classe i , emessi da ciascuna zona appartenente al bacino di influenza dell'aeroporto e attratti dall'aeroporto in un intervallo temporale:

$$BU_{A_j,h}^i = \sum_{o \in BI_{A_j}^i} d_{o-A_j,h}^i$$

dove:

h è l'intervallo temporale dell'analisi. Solitamente si fa riferimento agli intervalli temporali utilizzati dalle statistiche sulla mobilità aerea.

$BI_{A_j}^i$ è il bacino di influenza dell'aeroporto A_j relativo alla classe di utenti i e l'intervallo h ;

o è la generica zona di origine appartenente a $BI_{A_j}^i$;

$d_{o-A_j,h}^i$ è il flusso della classe i , emesso da o e attratto dall'aeroporto A_j in h .

I flussi di domanda $d_{o-A_j,h}^i$, a loro volta, possono essere espressi come il prodotto del flusso di domanda emesso da ciascuna zona (d_o^i), per la percentuale di utenti che sceglie l'aeroporto A_j ($p^i[A_j/o]$).

Il *bacino di utenza* può, pertanto, essere formalizzato come:

$$BU_{A_j,h}^i = \sum_{o \in BI_{A_j}^i} d_{o,h}^i \cdot p^i[A_j/o]$$

La stima del bacino di utenza è, pertanto, riconducibile alla stima dei flussi di domanda aerea, $d_{o,h}^i$, e delle percentuali di scelta dell'aeroporto in esame, $p^i[A_j/o]$.

Se i flussi $d_{o,h}^i$ possono essere noti a priori (dati ISTAT), o stimati mediante indagini ad-hoc o mediante i modelli proposti in letteratura, gli approcci alla stima delle percentuali di scelta si basano su di una stima diretta del fenomeno, ovvero sulla specificazione e calibrazione di modelli di ripartizione o scelta tra i possibili aeroporti di origine dello spostamento.

L'indagine di interesse del presente lavoro è in particolare finalizzata alla delimitazione geografica del bacino di utenza, piuttosto che a individuare il numero di spostamenti, è inoltre di particolare interesse la determinazione delle percentuali di scelta, in un contesto di competizione tra aeroporti.

La stima diretta consente una fotografia della realtà e richiede

l'esecuzione di un'indagine specifica ad un campione statisticamente significativo dell'universo dei potenziali utenti dell'aeroporto in esame. Nella stima da modello si assume che esista un modello interpretativo dei comportamenti di scelta dell'aeroporto e che sia trasferibile a tutti gli utenti dell'area geografica in esame. Il modello deve essere specificato e calibrato su osservazioni sperimentali statisticamente rappresentative di siffatti comportamenti e, pertanto, è consigliabile suddividere gli utenti in classi con caratteristiche omogenee e specificare un modello per ciascuna classe. In genere si è soliti classificare gli utenti in base al motivo dello spostamento (e.g. business vs non-business) e, eventualmente, in classi (i) in base alla durata del viaggio (e.g. 1 giorno vs 2 notti), e/o al tipo di viaggio (e.g. intercontinentale) e/o alle caratteristiche socioeconomiche degli utenti (e.g. reddito, età, ecc.). Alla luce di queste considerazioni il problema può essere riformulato come:

$$BU_{A_j,h} = \sum_i \sum_s \sum_{o \in BI_{A_j}} d_{o,h}^i(s) \cdot p^i[A_j/o,s]$$

dove:

s è il generico motivo dello spostamento;
 $d_{o,h}^i(s)$ è il numero di utenti, appartenenti alla classe i, emesso dalla zona o, nell'intervallo h per il motivo s;
 $p^i[A_j/o,s]$ è la stima da modello della percentuale di utenti appartenenti alla classe i, che si spostano per il motivo s dalla zona o ed utilizzano l'aeroporto A_o .

La stima diretta è l'approccio più immediato e semplice se si desidera unicamente delimitare e quantificare il bacino di influenza di un aeroporto. L'approccio modellistico è preferibile se si desidera simulare differenti assetti territoriali o simulare differenti opzioni di intervento sui servizi di trasporto aereo e sui servizi di accesso all'aeroporto.

In generale l'approccio modellistico, per sua natura, richiede un numero di osservazioni inferiore a quello necessario per la stima diretta del fenomeno. Pertanto, se i tempi ed i costi di indagine non sono compatibili con le risorse disponibili, è consigliabile perseguire un approccio modellistico anche se non è necessario disporre di un modello.



3 IMPLEMENTAZIONE DI MISURE DI ACCESSIBILITÀ

3.1 SINTESI DEGLI SCENARI ANALIZZATI

Le misure di accessibilità possono essere utilizzate per affrontare in modo completo ed esaustivo varie problematiche inerenti il trasporto aereo, in particolare l'ubicazione più favorevole dei terminali aeroportuali.

Il problema di localizzare un aeroporto sul territorio parte dalla necessità di sintetizzare diverse richieste, riconducibili a due principali categorie, ovvero, le esigenze di mercato e le esigenze sociali e del territorio.

L'analisi delle problematiche può essere efficacemente affrontata mediante indicatori di accessibilità a complessità variabile che tengano in conto sia scenari di tipo competitivo (ottica aziendale) sia scenari di complementarità ed equità del servizio (ottica sociale), cercando di trovare un valido compromesso tra le due esigenze, tenendo anche in considerazione la attuale disponibilità ridotta di risorse da investire, in sede di pianificazione strategica.

Pertanto, alla luce di quanto detto sopra, il problema di localizzare un nuovo aeroporto o di potenziare uno già in funzione sulla base di valutazioni socio-economiche e della geografia dei trasporti a scala regionale porta a porsi diversi quesiti ed a collocarsi in diversi scenari più o meno vicini alla realtà attuale o a probabili scenari futuri.

Per ciascuna delle esigenze rappresentate e sulla base degli scenari possibili, sono proposti una serie di indicatori di accessibilità a complessità variabile in grado di fornire risposte quantitative alla problematica specifica oggetto di approfondimento.

Prima di scendere nel dettaglio degli scenari proposti e delle misure eseguite, è necessario distinguere una accessibilità passiva del generico aeroporto o di un sistema regionale di aeroporti da una accessibilità del territorio verso i terminali di trasporto aereo. L'accessibilità passiva misura la facilità ad essere raggiunto di un terminale o di un sistema aeroportuale, l'accessibilità attiva di un territorio è la misura di quanto facilmente da una determinata area di studio si accede al sistema

aeroportuale. Nel caso di un sistema mono-aeroportuale le due misure sono coincidenti tra loro, nel caso di un sistema costituito da più aeroporti, il problema è più complesso.

ACCESSIBILITÀ	ATTIVA	PASSIVA
AEROPORTO		■
TERRITORIO	■	■

Le misure di accessibilità proposte sono comprese in tre macro-categorie:

- misure basate sul livello di servizio offerto dal sistema di trasporti (LdS);
- misure combinate LdS e opportunità del territorio (LdS + Opp);
- misure di utilità basate su modelli di scelta di tipo comportamentale (Util.);

tali misure, come è facilmente intuibile, hanno un grado di complessità differente e pertanto richiedono tempi e costi di indagine differenti per la loro implementazione.

Uno degli obiettivi del presente lavoro è quello di valutare le differenze di performance tra diversi indicatori allo scopo di stabilire in quali casi è necessaria un'indagine conoscitiva più spinta per calibrare e validare modelli di scelta comportamentale ed in quali casi ci si può attenere ai valori risultanti da analisi dei tempi di viaggio eventualmente combinati con dati di popolazione, reddito, addetti ed unità locali presenti nell'area di studio.

Gli scenari individuati, al fine di fornire risposte sulla competitività dei siti aeroportuali in base alla loro posizione geografica e della configurazione più favorevole per l'area di studio in ottica sociale sono i seguenti:

-
1. Scenari di competizione
 - Competizione in assenza di aeroporti
2 aeroporti
3 aeroporti
 - Competizione in presenza di aeroporti
con alfa
senza alfa

 2. Analisi di servizio offerto al territorio
 - Equità
 - Complementarietà
 - Ridondanza
 - Accessibilità attiva del territorio

Per quanto riguarda le analisi di servizio offerto al territorio gli indicatori proposti sono stati costruiti tenendo in considerazione dei parametri di equità e complementarietà estrapolati da pubblicazioni specialistiche in materia di geografia dei trasporti già testati a scala nazionale ed internazionale.

Sulla base delle possibili configurazioni future del sistema aeroportuale campano è stato condotto successivamente alle analisi di competizione, uno studio sulla *equità*, sulla *complementarietà* e sulla *ridondanza* dei servizi offerti ai residenti ed alle attività produttive presenti sul territorio regionale.

Per stimare in modo quantitativo i concetti espressi sopra, è stato fatto riferimento esclusivamente ad una questione di tipo territoriale, ovvero l'equità, la complementarietà e la ridondanza sono state valutate su base geografica e non sulla base della tipologia dei servizi offerti, in quanto, allo stato attuale, non è possibile fare ipotesi attendibili sul livello di servizio in aeroporto.

Le analisi sono state condotte sulla base degli indicatori più consolidati e sulla base di misure basate sui modelli di scelta comportamentale, gli indicatori utilizzati per le valutazioni di complementarietà e di ridondanza del sistema sono nell'ordine: *tempi di accesso in auto*, *costi generalizzati di accesso in auto* e *utilità sistematica*.

Per definire quanto un sistema sia equo, complementare e/o ridondante sulla base di indicatori di accessibilità è necessario, prioritariamente, individuare delle soglie di servizio offerto; tali soglie, che saranno definite di volta in volta insieme agli indicatori di accessibilità sono state scelte

sulla base di indicazioni bibliografiche e di studi specifici sui comportamenti di spostamento aereo nella Regione Campania (de Luca, 2012).

3.2 INDICATORI DI ACCESSIBILITÀ IMPLEMENTATI

Gli indicatori di accessibilità esprimono in modo quantitativo il concetto di accessibilità riportato nelle definizioni, ovvero la facilità e la convenienza a raggiungere una località o un terminale di trasporto o la facilità e la convenienza, partendo da una località o da un terminale di trasporto a raggiungere località esterne.

Tali misure possono essere di tipo aggregato, ovvero consistere in un numero significativo per il terminale, in questo caso un aeroporto, oggetto di valutazione. In queste tipologie di misure possono essere annoverate le sommatorie o più spesso le medie degli indicatori elementari, riferiti a tutta l'area di studio.

Le misure di tipo disaggregato, sono rappresentative di una unità elementare scelta a seconda dello scopo dello studio, nel presente lavoro l'unità base rappresentativa a livello geografico è stato il singolo comune appartenente all'area di studio. Un altro significato di misura disaggregata è la percezione della scelta a livello del singolo utente, nel presente lavoro, la scelta dei singoli utenti è stata comunque omogeneizzata a scala comunale (cfr. indicatori basati sui modelli di scelta comportamentale), ovvero è stato ipotizzato che tutti i residenti in uno stesso comune scelgano in modo omogeneo.

Dagli indicatori disaggregati si può passare alla definizione delle funzioni di opportunità che esprimono il numero di opportunità raggiungibili, stabilita una opportuna soglia che può essere rappresentata da un tempo significativo (es. numero di residenti che possono raggiungere un aeroporto con due ore di viaggio in auto), da un costo generalizzato o da una soglia di utilità massima.

Il modo più efficace per esprimere una misura di tipo disaggregato è tramite le carte tematiche, che rappresentano il valore numerico associato ad unità elementari, scelti degli opportuni intervalli di rappresentazione. Tramite le carte tematiche è possibile rappresentare la competizione tra singoli terminali di trasporto individuando le rispettive aree di prevalenza e le eventuali zone di competizione.

3.2.1 Indicatori basati sull'offerta del sistema di trasporto (O)

Tale tipologia di misura fonda le basi sulle potenzialità dell'offerta del sistema di trasporti.

Sono misure che dipendono infatti da alcuni parametri che influenzano direttamente la facilità di raggiungere o di essere raggiunti, quali le distanze stradali, i tempi di accesso/egresso ed i costi generalizzati di accesso/egresso. Queste misure possono essere inoltre arricchite dal contributo di dati di "attrattività" o di "potenziale di emissione" di una zona, ovvero del potenziale demografico ed economico di un'area, queste grandezze sono comunque correlate al sistema di trasporti, perché è determinante la misura della raggiungibilità di tali opportunità.

La forma analitica più ricorrente di questa tipologia di indicatori è rappresentata da una funzione di costo più o meno complessa per il raggiungimento delle opportunità; l'indicatore può essere composto anche da un parametro che misura il grado di attrattività delle zone di destinazione e/o il potenziale di emissione degli spostamenti delle zone di origine degli spostamenti.

Gli indicatori possono essere pertanto costruiti a partire dalla matrice origini-destinazioni e rappresentati mediante le seguenti espressioni tipo:

$$c = \frac{N_{archi}}{3(N_{nodi} - 2)}$$

misure di accessibilità dipendenti dal grado di connessione della rete di trasporto;

$$A_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n c_{i,j}}$$

misure di accessibilità dipendenti dai costi di spostamento;

$$A_i = \sum_{j=1}^n K_j^\beta \phi(c_{i,j})$$

misure di accessibilità dipendenti dai costi di spostamento e dalle

opportunità.

3.2.1.1 Metodo di costruzione e variabili significative

La costruzione degli indicatori consiste nella definizione delle funzioni di costo e delle funzioni di opportunità, nell'individuazione delle variabili e degli attributi significativi e nella calibrazione dei parametri di reciproca sostituzione degli attributi.

Gli attributi di livello di servizio determinano i costi in accesso/egresso verso/da l'area di studio, gli attributi socio-economici determinano l'attrattività ed il potenziale di emissione di un'area; nel caso del trasporto aereo possono essere inoltre distinti dagli attributi tipici del terminale di trasporto aereo. Si riportano di seguito alcuni degli attributi significativi per la costruzione degli indicatori, divisi in base alla categoria di appartenenza:

Attributi di Livello di Servizio (LdS):

- Distanza del/i centro/i dei comuni dai terminali di trasporto
- Velocità media di percorrenza sui vari tipi di strade
- Percorsi più veloci da/verso i terminali di trasporto
- Tempi medi di percorrenza in auto
- Costi generalizzati (tempi + tariffe)

Attributi Socio-economici e delle Attività (SE, Att):

- Numero di residenti
- Numero di addetti
- Reddito medio
- Numero di attività commerciali
- Fascia di popolazione compresa tra 25 e 55 anni
- Numero di attività ricettive (alberghi, ristoranti, bar, ecc.)
- Numero di attività turistiche (stabilimenti balneari, campeggi, stazioni climatiche).

Attributi tipici dell'Aeroporto (Trasporto Aereo):

- Numero dei collegamenti disponibili
- Frequenza media dei collegamenti settimanali su tutte le destinazioni
- Numero banchi check-in
- Tempi di attesa ai punti di imbarco

-
- Tempi di trasbordo
 - Presenza di catene commerciali in aeroporto

Tali attributi possono essere combinati tra loro al fine di costruire indicatori che tengano conto della situazione complessiva dei terminali di trasporto e rispondano al meglio alle esigenze di analisi di competizione tra realtà locali.

3.2.1.2 Indicatori di accessibilità proposti (O)

Sulla base dei criteri definiti al paragrafo precedente, sono stati calcolati una serie di indicatori basati sull'offerta del sistema di trasporti funzionali ad analizzare uno scenario di competizione ed a valutare il grado di equità, complementarità, sussidiarietà e ridondanza del sistema rappresentato dai tre aeroporti ubicati sul territorio regionale della Campania. Il sistema aeroportuale completo ipotizzato è composto da Napoli Capodichino, Salerno Costa d'Amalfi e Grazzanise, sono state fatte inoltre ipotesi di lavoro su un sistema non completo e costituito da due dei tre terminali.

L'aeroporto di Capodichino è classificato come "*Aeroporto Strategico*" con oltre 5 milioni di passeggeri per anno e diverse destinazioni nazionali ed internazionali (cfr. fig. 1.8); l'aeroporto di Salerno Pontecagnano è invece classificato come "*Aeroporto Complementare*" con meno di 50,000 passeggeri per anno e con collegamenti prevalenti verso l'Hub di Milano Malpensa e con collegamenti stagionali verso altre destinazioni; l'aeroporto di Grazzanise, dovrebbe essere aperto al traffico civile al fine di decongestionare lo scalo di Napoli, alla luce delle ultime direttive comunque il progetto è in una fase di stallo.

In un tale scenario in cui la competizione tra aeroporti è più ipotizzabile sulla carta che percepita come tale, gli indicatori basati sull'offerta di trasporto da e verso i terminali esaminati e sulle opportunità presenti sul territorio sono quelli che rispondono meglio ad una valutazione delle potenzialità degli aeroporti "alternativi".

Gli indicatori di accessibilità calcolati sono i seguenti:

- Tempi di viaggio in auto verso gli aeroporti campani
- Costi generalizzati di accesso
- Popolazione x tempo di accesso (tempo tot. speso)
- Popolazione/T (potenziale di emissione)

-
- Addetti/T (potenziale di attrazione)
 - Reddito medio x popolazione/T

La comprensione di queste misure è immediata solo per i tempi di viaggio ed in parte per i costi generalizzati, perché ad ogni misura si associa una quantità facilmente misurabile e fortemente percepita, tuttavia le altre misure, meno semplici, offrono un quadro di confronto più completo tenendo conto di attributi determinanti per le scelte di spostamento, anche se non immediatamente percepiti come tali.

I tipi di misura elencati sono stati effettuati a partire da unità elementari, che in questo caso sono rappresentate dai 551 comuni della Regione Campania, le osservazioni sui risultati ottenuti saranno però concentrate soprattutto sugli indicatori di tipo aggregato, come la sommatoria dei singoli contributi e, in modo particolare, il valore medio ed il valore medio pesato assunto dall'indicatore. A partire da misure elementari sono state implementate delle opportune funzioni di opportunità, particolare attenzione è stata dedicata alle misure di soglia, che oltre ad essere un indicatore di accessibilità già sperimentato da diversi autori, rappresenta la base per la costruzione di indicatori più complessi come gli indici di equità, di complementarità e di ridondanza proposti nel presente lavoro. La valutazione disaggregata dei risultati sarà quasi del tutto rimandata alla consultazione delle mappe tematiche di accessibilità (cfr. carte cap.3).

3.2.2 Indicatori basati sui modelli di scelta comportamentale (S)

Tale tipologia di misura fonda le basi sulle percezioni delle diverse opportunità di scelta da parte dell'utenza.

Sono indicatori più complessi di accessibilità, definiti a partire da un paradigma interpretativo dei comportamenti di scelta degli utenti del sistema di trasporto (teoria dell'utilità) ed a partire dal conseguente paradigma teorico (teoria dell'utilità aleatoria).

Sono funzioni di attributi tipici dell'alternativa e di attributi tipici del decisore e possono avere differenti formulazioni matematiche al variare delle ipotesi sulle funzioni di densità di probabilità delle utilità percepite.

Al fine di costruire indicatori complessi basati sulla teoria dell'utilità aleatoria è necessario calibrare i parametri significativi, tale operazione

richiede la specificazione, calibrazione e validazione di un modello di scelta comportamentale.

Il processo logico è articolato come segue:

- 1- *definizione delle alternative di scelta*
- 2- *definizione delle variabili (attributi) significative*
- 3- *formulazione del modello matematico*
- 4- *sceita del campione di utenti su cui calibrare il modello*

I passi individuati non possono prescindere da una conoscenza di dettaglio del contesto territoriale, dei servizi offerti e degli aspetti socio-economici dell'area di studio, pertanto è necessaria, per l'implementazione di tali misure una figura esperta di tali problematiche quale è l'analista dei sistemi di trasporto.

Gli attributi significativi sono gli stessi visti per gli indicatori basati sull'offerta del sistema di trasporti, in più il decisore è condizionato da attributi propri caratteristici di tipo socio-economico, che influenzano la percezione di attributi esterni, ad esempio utenti possessori o non possessori di patente percepiranno in modo differente l'opzione "auto da guidatore".

Di seguito si riporta la specificazione dei modelli utilizzati nella implementazione delle misure di accessibilità.

3.2.2.1 Specificazione e calibrazione di un modello di scelta dell'aeroporto

Una applicazione interessante dei modelli di scelta di un aeroporto è lo studio condotto a scala regionale (de Luca 2012) in un contesto concorrenziale con un numero discreto di possibilità di scelta considerando diversi scenari di connessione (diretta ed indiretta) e differenti scenari di viaggio.

L'area di studio è la Campania, regione dell'Italia meridionale, suddivisa in cinque province e 551 comuni, con una popolazione residente di circa 5,8 milioni di abitanti.

Sono presenti tre comuni con più di 100,000 abitanti, ovvero Napoli, il Capoluogo di Regione con quasi 1,000,000 di abitanti, Salerno e Giugliano in Campania con popolazione compresa tra 100,000 e 150,000 abitanti; sono inoltre presenti diversi comuni (18) con una popolazione compresa tra le 50,000 e le 100,000 unità. La maggioranza

della popolazione, ovvero più di 3 milioni di persone, è concentrata nella zona raggiungibile in un'ora di macchina o nel raggio di circa 40 km dal Capoluogo di Regione (dati al 01/01/2011).

Nell'area a ridosso di Napoli è attivo, al momento, l'aeroporto di Napoli Capodichino, che ha servito 5,6 milioni di passeggeri nel 2008 e fornisce connessioni dirette con le principali località italiane (12), con le capitali ed altre destinazioni europee oltre che con alcune destinazioni intercontinentali in particolare dell'area mediterranea.

I servizi sono forniti da 19 compagnie di linea e da 50 charter. Eccetto poche destinazioni, la frequenza dei voli non supera i due spostamenti al giorno. I viaggiatori di quest'area sono spesso al cospetto di alte tariffe e scarsa frequenza nello spostamento aereo da e verso la Regione, e non è inusuale che ricorrano ad aeroporti esterni alla Campania per gli spostamenti.

Difatti, la scelta dell'aeroporto è suddivisa tra tre alternative principali, ovvero, Napoli Capodichino, Roma Fiumicino e Roma Ciampino (vedi fig. 3.4).

Roma Fiumicino, nella Regione Lazio, è l'aeroporto intercontinentale di Roma e garantisce le connessioni con le principali destinazioni europee e intercontinentali con una maggiore frequenza rispetto a Napoli; i servizi sono assicurati da vettori tradizionali e low-cost. L'aeroporto dista 245 km da Napoli e può essere raggiunto dal capoluogo campano in 2h30m in macchina e 1h45m in treno.

Roma Ciampino è il secondo aeroporto di Roma: è più piccolo di Napoli Capodichino ma la domanda di spostamento è molto alta per la presenza di diversi voli low-cost. L'aeroporto dista 218 km da Napoli e può essere raggiunto in 2h20m in auto e 1h10m in treno più 45 m in bus dall'esterno della stazione ferroviaria di Roma Termini.

Il gruppo di scelte descritte può essere considerato come un sistema multi-aeroporto, dove ciascun aeroporto può essere raggiunto in meno di 2,5 h. Ciò è interessante in quanto gli aeroporti appartengono a regioni diverse, hanno diverse accessibilità e ciascuno di essi offre servizi completamente differenti: Napoli Capodichino offre una maggiore accessibilità, vettori tradizionali, vettori low-cost e frequenze più basse; Roma Fiumicino offre una minore accessibilità, vettori tradizionali e maggiori frequenze; Roma Ciampino offre la più bassa accessibilità, vettori low-cost e frequenze più alte.

Rispetto al contesto di scelta sopra menzionato, è stato eseguito una specifica indagine. I dati dell'indagine sono stati raccolti da un campione

di 800 individui con età maggiore di 18 anni, ai quali è stato chiesto di scegliere quale volo avessero preferito per raggiungere diverse destinazioni europee (Londra, Berlino, Amsterdam e Parigi (fig. 3.1) considerando uno scopo di viaggio per svago.

Le destinazioni scelte hanno due caratteristiche: sono ben conosciute dagli utenti e sono di frequente scelte per viaggi di svago. Lo scopo è stato di far concentrare gli utenti sulla scelta dell'aeroporto, piuttosto che sulla destinazione finale; queste sono infatti tutte raggiungibili con voli diretti dagli aeroporti considerati nell'indagine.

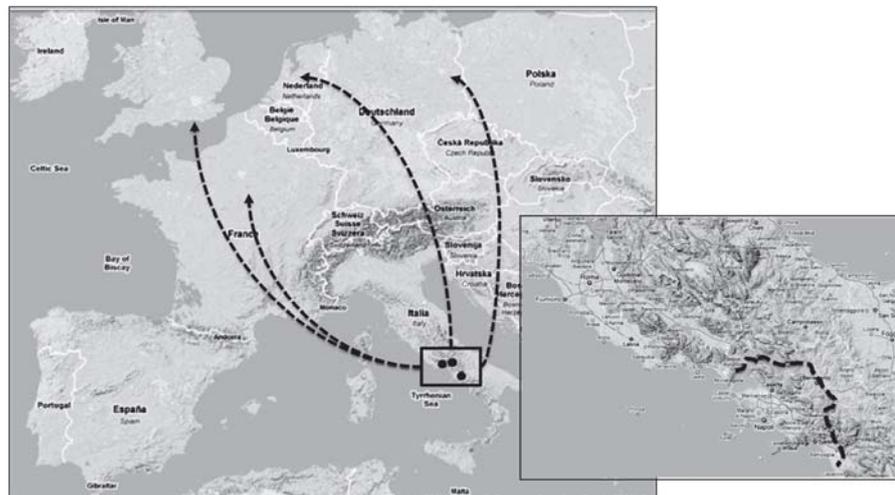


Figura 3.1 Case study (©Google 2009)

Gli individui intervistati sono stati scelti da un campione di abitanti della Regione Campania (Napoli Capodichino è ubicato sul territorio della Campania).

La selezione degli individui è stata eseguita seguendo differenti criteri di scelta:

- i residenti di Napoli e dei comuni adiacenti non sono stati considerati, in quanto l'aeroporto di Napoli è ubicato all'interno della città e beneficia dei collegamenti preferenziali (distanza media inferiore ai 5 km) ed è inoltre raggiungibile con diverse modalità di trasporto (auto, bus, taxi). Per tali utenti sarebbe giusto stimare uno specifico sistema di modelli.

- siccome la Campania ha un gran numero di comuni con popolazione inferiore alle 15,000 unità, e la maggior parte degli abitanti dei comuni minori non è solita viaggiare al di fuori della Regione con alcuna modalità di trasporto, tali comuni non sono stati considerati.

- i comuni che rispettano il secondo criterio di scelta sono stati suddivisi in base alla distanza stradale da Napoli Capodichino. Sono stati scelti quattro gruppi [0-50km], [51-100km], [101-150km], [151-200km] e da ciascun gruppo sono stati selezionati diversi comuni.

Appena è stata definita la grandezza del campione, è stata eseguita una indagine intercettando persone nei punti principali di ciascun comune (es. stazioni, piazze ed uffici pubblici). Gli intervistati sono stati scelti in modo casuale in modo da riprodurre le proporzioni dei dati di censimento in quanto a genere (maschi, femmine), età (18-30 anni; 31-60; >60) e tipo di occupazione (occupati, non occupati).

L'indagine è stata basata sulle preferenze dichiarate rispetto agli scenari reali costruiti fissando le destinazioni e cercando per tutte i servizi disponibili (diretti e indiretti) dagli aeroporti definiti sopra verso il principale aeroporto che serve le destinazioni in questione: Londra Heathrow, Parigi Charles De Gaulle, Amsterdam Schiphol e Berlino Tegel.

Fissata la destinazione, l'esperimento di scelta è stato costruito attraverso i principali motori di ricerca (Opodo, Expedia, Last Minute) e sono state estrapolate le seguenti informazioni: tipo di collegamenti (diretti o indiretti), tariffa, tempo di viaggio per le destinazioni, tempo di attesa all'aeroporto di transito, numero di trasferimenti, compagnie aeree, ora del giorno del primo volo, numero dei voli giornalieri. I servizi non competitivi sono stati rimossi dal database (più di un trasferimento, tariffe più alte del 50%, tempi di viaggio superiori del 100%, tempo di attesa più grande del 50% della durata del tempo di volo). Ciascun gruppo di informazioni è stato vagliato rispetto ai seguenti piani di viaggio: partenza in 3 giorni e durata della vacanza di 3 giorni (2 notti); partenza in 3 giorni e durata della vacanza di 7 giorni (6 notti); partenza in 3 mesi e durata della vacanza di 7 giorni. È degno di nota che gli scenari di preferenze dichiarate sono stati costruiti a partire dai servizi reali forniti da ciascun aeroporto.

In base ai servizi attuali, siccome l'opzione dei voli indiretti non era mai competitiva con i voli diretti rispetto a tutti gli attributi di livello di servizio (come tariffe, tempo totale di viaggio, tempo di volo + tempo di attesa), è stato deciso di costruire questionari completamente

indipendenti: uno solo per i voli diretti ed uno per i voli indiretti, e, a ciascun intervistato è stato chiesto di rispondere separatamente ad entrambe le possibilità, ciascun questionario presentava una differente destinazione in modo da evitare scelte condizionate.

L'indagine ha raccolto i dati sul comportamento di spostamento aereo con informazioni socio-demografiche e sul modo di trasporto per raggiungere l'aeroporto di partenza. Infine, l'indagine ha rivelato il modo di accesso, il volo scelto e di qui la compagnia scelta così come l'aeroporto di partenza. Le caratteristiche risultanti dal campione sono state: il 60% degli intervistati ha già volato, il 30% di essi ha fatto più di sei viaggi nella vita, il 50% più di due viaggi, il 90 % degli utenti che non ha mai volato ha dichiarato di non avere pregiudizi nei confronti dei viaggi in aereo.

Le caratteristiche del campione sottolineano che il numero di utenti con poca o nessuna esperienza è trascurabile. Se da un lato ci si può chiedere se si possono ottenere risposte realistiche, dall'altro lato è opinione dell'analista che tali tipi di utenti possano essere presi in considerazione in alcuni casi di pianificazione strategica e tattica, e che un limite della letteratura esistente sull'analisi della scelta dell'aeroporto consista nel fatto che sono osservati solo gli utenti del sistema di trasporto aereo. Comunque il rischio di osservare comportamenti non realistici è stato ridotto nella fase di campionamento, escludendo dall'indagine tutti quei piccoli comuni che non determinano domande di spostamento con alcuna modalità di trasporto.

Le variabili (attributi) utilizzate per specificare e stimare i modelli di scelta sono riportati in tab. 3.1.

Tabella 3.1 Attributi testati

attribute		unit	description
airfare	<i>AFare</i>	€/100	airfare
in-flight travel time	<i>inTT</i>	h	in-flight time
frequency	<i>FREQ</i>	-	number of flights in a day (to the destination)
dwelling time	<i>DWE</i>	h	dwelling time at the intermediate airport
access time	<i>ACCT</i>	min	access time by car
access distance	<i>AD</i>	Km/100	access distance by car
gender	<i>Gen</i>	binary	1 if male
age _x	<i>Age</i>	binary	1 if under x years old
never flown	<i>NV</i>	binary	1 if the user has never flown
number of trips	<i>#TRIPS</i>	cont.	# of trips made in the past year
car availability	<i>CAV</i>	cont.	# of cars / number of households
income (proxy)	<i>INC</i>	cont.	# of household members employed / # of households
fidelity cards	<i>FC</i>	binary	1 if the users own a fidelity card
airline	<i>AIRL</i>	binary	if the airline is a traditional company
alternative specific	<i>ASC</i>	constant	-

Sono di seguito riportate le definizioni dei principali attributi.

- Tariffa aerea: ciò che l'utente paga per volare verso la destinazione predefinita. È stata stimata calcolando i valori medi offerti dai venditori più importanti via web (ad esempio Expedia, Opodo, Lastminute, ecc). Le tariffe sono state calcolate secondo ciascun orizzonte temporale di partenza (entro 1 settimana o 3 mesi) e per ogni durata della vacanza (3 giorni, 7 giorni). Se più di un volo è stato fornito da un aeroporto, il biglietto aereo per l'alternativa non scelta è stato calcolato come media delle tariffe disponibili, se necessario ponderate sulla frequenza dei voli.
- Tempo di volo: totale di tempo di percorrenza in volo dall'aeroporto di origine verso l'aeroporto di destinazione. L'attributo dovrebbe avere scarsa significatività per i voli diretti, ma non per voli in coincidenza.
- Frequenza: il numero di voli che parte ogni giorno da ciascun aeroporto verso la destinazione predefinita. Come al solito, l'attributo frequenza può essere visto come una variabile proxy che rappresenta due fenomeni diversi e opposti: la distribuzione

di orari di partenza disponibili, ma anche un rischio più elevato di maggiore congestione negli aeroporti di origine o di destinazione. Sono state testate trasformazioni non lineare e troncate.

- Tempo di attesa: la somma dei tempi di attesa e il tempo di trasferimento presso l'aeroporto intermedio.
- Tempo di accesso in auto e/o della distanza di accesso: Entrambi gli attributi sono stati utilizzati per misurare l'accessibilità all'aeroporto. Sebbene sia ben noto che, coerentemente con un approccio comportamentale, una variabile di soddisfazione (logsum) deve essere stimata, tale approccio è consigliabile se esiste una scelta modale verso gli aeroporti. Nel nostro caso di studio, auto e auto come passeggero erano il mezzo più comunemente usato e il modello di scelta modale si è rivelato statisticamente significativo. Inoltre, molti contributi in letteratura suggeriscono che il tempo di viaggio in auto è una misura realistica di accessibilità verso l'aeroporto di partenza, ed è sufficiente per simulare l'aeroporto di scelta. L'importanza della distanza e del tempo è stata investigata, e sono stati stimati tali parametri mediante un modello di rete che prende in considerazione gli effetti della congestione che maggiormente si verificano nell'area urbana che comprende l'aeroporto di Napoli (Cartenì e Punzo, 2007; de Luca e Papola, 2001). Per quanto riguarda i costi monetari di accesso (costi di parcheggio), questi sono stati aggiunti alle tariffe dei voli.
- Disponibilità dell'auto: è uguale al rapporto tra il numero di auto e il numero dei membri della famiglia. La ripartizione modale verso aeroporti di partenza, a causa del maggiore ruolo svolto dalla macchina, tale attributo può essere interpretato come un attributo proxy di accessibilità, che rappresenta una misura di quanto facilmente un utente ha l'accesso a un'auto per raggiungere l'aeroporto di partenza. Al tempo stesso, tale attributo può essere interpretato come una proxy del reddito degli utenti, poiché il reddito può essere rappresentato dal numero di vetture a persona di proprietà di ogni famiglia.
- Attributi *mai volato* e *numero di viaggi*: ovvero la misura dell'inerzia degli utenti a volare: il primo è un attributo binario che permette di classificare gli utenti in due diverse classi, il secondo è un

attributo continuo che misura quanti viaggi sono stati fatti in passato, quindi quanto l'utente è familiare con i viaggi aerei, supponendo che le esperienze passate influenzano, per esempio, la scelta di aeroporti più vicini o vettori low-cost.

- Et : pu  essere utile per separare gli utenti in classi pi  omogenee. In questo lavoro sono state tentate diverse segmentazioni. Le pi  significative sono riportate nella seguente sezione.
- Reddito: il reddito   di solito usato per pesare gli attributi monetari, ma, poich  in molti casi non   facilmente ottenibile da interviste, dovrebbe essere dedotto da attributi proxy. In questo lavoro due tipi di attributo sono stati esplorati: il rapporto tra il numero dei componenti della famiglia impiegati e il numero dei componenti delle famiglie; il rapporto tra il numero di autovetture e il numero di famiglie.

Infine,   stata studiata l'incidenza dei programmi di frequenza dei voli e del nome della compagnia aerea.

3.2.2.2 Modelli per voli diretti

L'analisi fa uso di diversi tipi di scelta discreta di modelli appartenenti alla famiglia dei modelli di utilit  casuale, vale a dire i modelli MNL, HL e MMNL. Questa sezione descrive i risultati del processo di stima. L'insieme di scelta   costituito dai tre aeroporti introdotti prima: Napoli-Capodichino (65% di share), Roma-Fiumicino (11%) e Roma-Ciampino (14%). I risultati per tutti gli attributi dei modelli sono riassunti in tabella 3.2.

Tabella 3.2 Attributi di utilità sistematica: min, max e valore medio

attribute	unit	V _{NAPLES}			V _{ROME-FIUMICINO}			V _{ROME-CIAMPINO}		
		min	max	mean	min	max	mean	min	max	mean
airfare	€/100	0.78	1.30	1.08	1.64	1.93	1.83	0.67	1.28	1.01
in-flight travel time	h		n.s.			n.s.			n.s.	
frequency	-	2	3	1.8	2	5	3.2	2	4	2.4
access time	min	30	140	54	138	340	168	126	302	156
access distance	Km/100	0.20	1.80	0.60	2.18	3.90	2.87	1.90	3.60	2.50
gender	binary		n.s.			n.s.			n.s.	
age _s	binary		✓			-			-	
never flown	binary		n.s.			n.s.			n.s.	
number of trips	cont.				0	4	1.2	0	4	1.2
car availability	cont.	0	1.7	0.5		-			-	
income	cont.	0	1	0.45		-			-	
alternative constant	specific constant		✓			-			-	

* n.s. : non significativo statisticamente

Modello Logit Multinomiale

A partire dal modello più semplice MNL (MNL [1]), diversi modelli sono proposti come funzioni di utilità variando nella loro complessità.

L'obiettivo è quello di evidenziare che la bontà di adattamento può essere ottenuta con i modelli più semplici, ma immediatamente applicabili, o con modelli più complessi che richiedono attributi sofisticati o l'attuazione di altri modelli di trasporto (ad esempio modelli di rete, modelli di assegnazione del traffico, modalità di scelta dei modelli). Di seguito sono riportate le funzioni di utilità. I valori effettivi degli attributi possono essere derivati dalla tabella 3.7 .

$$V_{\text{NAPLES}} = \beta_1 \cdot \text{AFare} + \beta_2 \cdot f_1(\text{FREQ}) + \beta_3 \cdot f_2(\text{ACCT[or AACD]}) + \beta_4 \cdot \text{Age} + \beta_5 \cdot \text{CAV} + \beta_6 \cdot \text{INC} + \beta_7 \cdot \text{ASC}$$

$$V_{\text{ROME-FIUMICINO}} = \beta_1 \cdot \text{AFare} + \beta_2 \cdot f_1(\text{FREQ}) + \beta_3 \cdot f_3(\text{ACCT[or AACD]}) + \beta_8 \cdot \text{\#TRIPS}$$

$$V_{\text{ROME-CIAMPINO}} = \beta_1 \cdot \text{AFare} + \beta_2 \cdot f_1(\text{FREQ}) + \beta_3 \cdot f_4(\text{ACCT[or AACD]}) + \beta_8 \cdot \text{\#TRIPS}$$

Il modello più semplice, MNL_D [1] (tab. 3.3), è stato calibrato utilizzando alcune principali variabili continue, compreso il tempo di accesso, la tariffa aerea e la distanza di accesso. Come previsto, il tempo di viaggio non è risultato statisticamente significativo, mentre l'analisi ha mostrato che l'utilizzo di una trasformata logaritmica per la frequenza e la distanza di accesso porta a notevoli guadagni in termini di prestazioni del modello, confermando rendimenti decrescenti marginali per gli attributi associati. Il modello proposto, anche se molto grezzo nell'attributo accessibilità, può essere facilmente implementato (non richiede alcun modello di rete) e mostra bontà simile di misura rispetto a quelli più complessi che sono visualizzati di seguito.

Il modello MNL_D [2] (tab. 3.3) introduce un tempo di accesso (in auto) e indaga la possibilità che il tempo di accesso verso Napoli Capodichino e per l'aeroporto di Roma può essere analizzato attraverso trasformazioni non lineari.

Diverse soluzioni sono state analizzate: le stesse trasformazioni per tutte le alternative di scelta, le stesse trasformazioni, ma con parametri diversi per ogni scelta alternativa, una combinazione di trasformazioni differenti (ad esempio potenza inversa, Box-Cox).

I risultati delle stime mostrano che la trasformazione di tipo Box-Cox è la più efficace, e che un parametro maggiore di 1 ($\lambda = 2$) è statisticamente significativo per il tempo di accesso verso Roma, mentre un parametro inferiore a 1 ($\lambda = 0.8$) è significativo in direzione Napoli.

In questo caso si presume che l'utilità marginale del tempo di accesso all'aeroporto di Napoli decresce all'aumentare di tempo. In altre parole, un minuto in più di tempo di accesso è più tollerato verso destinazioni più vicine, che verso quelle più lontane, come gli aeroporti di Roma. L'uso di tali trasformazioni potrebbe essere visto come controverso, dato che il tempo è tempo, e il suo valore di percezione può variare con il suo aumento e dovrebbe avere la stessa percezione indipendentemente dalla destinazione. Tuttavia, i risultati ottenuti possono essere facilmente spiegati: Napoli Capodichino è sempre l'aeroporto più vicino al luogo di partenza. In tale contesto, gli utenti percepiscono il tempo di accesso dall'aeroporto più vicino (Napoli) in modo diverso da quelli più lontani (Roma). I valori di λ mostrano che l'utilità marginale diminuisce man mano che il tempo di accesso aumenta in direzione dell'aeroporto di Napoli, mentre aumenta con un tasso superiore man mano che il tempo di accesso verso gli aeroporti di Roma aumenta. Il risultato può essere

generalizzato, per altri casi studio, in cui è possibile identificare un aeroporto più vicino al luogo di partenza di tutti gli altri. Partendo dal modello MNLD [2] sono proposte varie soluzioni introducendo gli attributi socio-economici e gli attributi basati sull'esperienza passata: età e numero di viaggi (MNLD [3], (vedi tabella 3.3), disponibilità di auto e reddito (MNLD [4]).

Tabella 3.3 Risultati della stima (*D = direct flights; C = connecting flights*)

attribute	MNL _D [1]	MNL _D [2]	MNL _D [3]	MNL _D [4]	MNL _D [5]	MNL _C
airfare	- 0.18 (2.2)	-0.62 (4.4)	-0.34 (2.0)	-0.36 (2.1)	-0.46 (2.4)	- 1.1 (13)
travel time	-	-	-	-	-	- 0.047 (2.8)
						<i>Box-Cox</i> $\lambda_{NA} = 2.5$ $\lambda_{RM} = 0.5$
frequency	0.36 (2.7)	0.22 (1.99)	0.31 (2.70)	0.30 (2.62)	0.27 (2.31)	
	<i>logarithmic</i>	<i>logarithmic</i>	<i>logarithmic</i>	<i>logarithmic</i>	<i>logarithmic</i>	
access time	-	-0.72 (13)	-0.47 (13)	-0.58 (9.8)	-0.31 (4.1)	- 1.57 (8.4)
		<i>Box-Cox</i> $\lambda_{NA} = 0.8$ $\lambda_{RMF} = 2.0$ $\lambda_{RMC} = 2.0$	<i>Box-Cox</i> $\lambda_{NA} = 0.8$ $\lambda_{RMF} = 2.0$			
access distance	-0.85 (3.4)	-	-	-	-	-
	<i>logarithmic</i>					
age ₂₃	-	-	-0.48 (2.22)	-0.51 (2.42)	-0.53 (2.5)	-
never flown	-	-	-	-	-	-
number of trips	-	-	-0.15 (2.61)	-0.17 (1.99)	-0.17 (1.98)	-0.091 (1.78)
car avail.	-	-	-	-0.66 (1.78)	-0.73 (2.01)	-0.330 (2.51)
income	-	-	-	-0.23 (1.67)	-0.14 (2.12)	-
ASC	-	-	-	-	-1.24 (2.43)	-
ρ^2	0.355	0.345	0.353	0.356	0.362	0.322
ρ^2 -correct	0.352	0.342	0.348	0.349	0.351	0.317

* in parentesi il valore del test di Student

L'attributo età divide gli utenti in due classi, con l'introduzione di un soglia a 23 anni. Questo valore garantisce la migliore bontà di adattamento e, al tempo stesso, è una soglia realistica che ci permette di separare gli studenti o giovani lavoratori da tutti gli altri utenti. L'attributo è negativo per l'aeroporto di Napoli, mostrando che i giovani utenti preferiscono aeroporti con tariffe più basse e frequenze più alte, invece di aeroporti più vicini. In questo caso l'età può anche essere interpretata come un ulteriore attributo proxy del reddito, supponendo

che gli utenti di età inferiore a 23 anni non possono contare su un lavoro o su uno stipendio alto.

Per quanto riguarda l'esperienza del passato, l'attributo *mai volato* non si dimostra statisticamente significativo, l'attributi *numero di viaggi* svolge un interessante ruolo. Il coefficiente è negativo per gli aeroporti di Roma, indicando che gli utenti con meno esperienza preferiscono aeroporti più vicini (come ad esempio Napoli).

Per quanto riguarda la disponibilità di auto, il coefficiente è statisticamente significativo e mostra un valore negativo per l'aeroporto di Napoli, il che significa che l'utilità sistematica dell'aeroporto di Napoli diminuisce (rispetto agli altri aeroporti) come aumenta la disponibilità di auto. Questo risultato sottolinea che se una macchina non è disponibile, gli utenti preferiscono scegliere il più vicino aeroporto (Napoli), ciò succede perché spesso verso gli aeroporti di Roma non c'è nessuna modalità di trasporto (dal luogo di partenza) disponibile o una che è competitiva con la modalità auto.

Per quanto riguarda il reddito, l'attributo proxy introdotto nella precedente sezione ha dato un buon risultato e ha mostrato coefficienti negativi, il che significa che l'utilità sistematica di Napoli diminuisce all'aumento dei redditi. Gli utenti con un reddito più alto sono meno colpiti dal costo dell'accessibilità verso l'aeroporto di partenza: preferiscono soluzioni più lontane in cui sono offerti servizi migliori in termini di frequenza (Roma-Ciampino e Roma-Fiumicino) a scapito di tariffe più costose (Roma Fiumicino).

Il modello migliore per performance è quello MNL_D [5]. Oltre agli attributi discussi sopra, viene introdotta una costante specifica dell'alternativa nell'alternativa Napoli-Capodichino. Da un lato, la costante rende il modello meno generale e trasferibile, dall'altro, si sottolinea il fatto che Napoli-Capodichino, anche se il più accessibile aeroporto, paga disutilità che non sono facilmente misurabili, ma ben percepite nella mente dell'utente: la mancanza di tradizionali e consolidate compagnie aeree, la scarsa affidabilità e frequenza fornite dai servizi di trasporto e la limitata capacità dei parcheggi esistenti, infine, a molte persone provenienti dall'esterno di Napoli non piace entrare in città.

Partendo dal modello MNL_D [5], è stata effettuata una analisi di elasticità stimando la variazione proporzionale delle quote di mercato per un aeroporto in base alla variazione proporzionale della frequenza dei voli, del costo del biglietto aereo, e del tempo di accesso. Sono state calcolate

le elasticità dirette e le elasticità trasversali, con l'aumentare dei valori degli attributi fino al 50%. I risultati sono riportati nella tabella 3.4 per ciascuno degli attributi coinvolti e per ciascun aeroporto, le elasticità dirette sono riportati nelle colonne in grigio.

Un aumento di tariffa ha un effetto maggiore sull'aeroporto di Napoli e minore per Roma Ciampino. Un aumento del 50% fa sì che ci sia una diminuzione del 5% di quota di mercato per l'aeroporto di Napoli e del 2,4% per Roma Ciampino.

Quando a Napoli aumentano le tariffe aeree, gli aeroporti di Roma condividono le quote di mercato catturato allo stesso modo. Lo stesso fenomeno non si verifica se aumentiamo le tariffe degli aeroporti di Roma. Mentre la quota di mercato si riduce meno che per l'aeroporto di Napoli, la domanda persa è quasi totalmente assorbita da Napoli Capodichino. Tali risultati possono essere facilmente interpretati dal momento che l'aeroporto di Napoli è il più accessibile e gli aeroporti di Roma sono di solito scelti a causa della frequenza dei voli maggiore o a causa di tariffe più economiche (Roma Ciampino).

Per quanto riguarda il tempo di accesso, gli effetti sono significativi per tutti gli aeroporti ma in particolare per Napoli. L'effetto non è lineare: un aumento del 10% ha effetti simili su tutti gli aeroporti (elasticità diretta), un 50% di aumento ha un grande effetto solo su l'aeroporto di Napoli (-21%). Per quanto riguarda le tariffe, la domanda di mercato persa dall'aeroporto di Napoli è suddivisa tra gli aeroporti di Roma; la domanda persa da Roma Fiumicino o Roma Ciampino è quasi totalmente catturata da Napoli. Questo dovrebbe essere motivo di preoccupazione per i gestori aeroportuali di Napoli, in quanto l'accessibilità all'aeroporto di Napoli soffre a causa della congestione stradale. All'aumentare di tale congestione, la competitività dell'aeroporto potrebbe risentirne.

Per quanto riguarda la frequenza di volo, a causa della minore percezione lineare di questo attributo, l'effetto sulle quote di mercato è trascurabile. Un aumento del 50% porta ad un aumento della quota di mercato sempre più piccolo del 2% per l'aeroporto di Napoli e pari all'1% per gli aeroporti di Roma. Tali risultati sono coerenti con le aspettative, dal momento che scopi di viaggio per il tempo libero enfatizzano l'importanza del prezzo e dell'accessibilità all'aeroporto, mentre i passeggeri business probabilmente sarebbero più preoccupati per gli attributi frequenza e tempo di accesso.

Tabella 3.4 Analisi di elasticità (elasticità dirette ed elasticità incrociate).

Increase of	Naples airfare			Rome Fiumicino airfare			Rome Ciampino airfare		
	ΔNA	ΔRMF	ΔRMC	ΔNA	ΔRMF	ΔRMC	ΔNA	ΔRMF	ΔRMC
10%	-0.9%	0.4%	0.5%	0.7%	-0.8%	0.1%	0.4%	0.1%	-0.5%
20%	-1.9%	0.8%	1.0%	1.3%	-1.5%	0.3%	0.9%	0.1%	-1.0%
30%	-2.8%	1.3%	1.6%	1.8%	-2.2%	0.4%	1.3%	0.2%	-1.5%
40%	-3.8%	1.7%	2.1%	2.4%	-2.9%	0.5%	1.6%	0.3%	-1.9%
50%	-4.8%	2.1%	2.7%	2.9%	-3.5%	0.6%	2.0%	0.3%	-2.4%

Increase of	Naples flight freq.			Rome Fiumicino flight freq.			Rome Ciampino flight freq.		
	ΔNA	ΔRMF	ΔRMC	ΔNA	ΔRMF	ΔRMC	ΔNA	ΔRMF	ΔRMC
10%	0.4%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	0.2%	0.0%	-0.3%	0.0%	0.3%
20%	0.9%	-0.4%	-0.5%	-0.4%	0.5%	-0.1%	-0.5%	-0.1%	0.6%
30%	1.2%	-0.5%	-0.7%	-0.6%	0.7%	-0.1%	-0.7%	-0.1%	0.8%
40%	1.6%	-0.7%	-0.9%	-0.7%	0.9%	-0.2%	-0.9%	-0.2%	1.1%
50%	1.9%	-0.8%	-1.0%	-0.9%	1.1%	-0.2%	-1.1%	-0.2%	1.3%

Increase of	Naples access time			Rome Fiumicino access time			Rome Ciampino access time		
	ΔNA	ΔRMF	ΔRMC	ΔNA	ΔRMF	ΔRMC	ΔNA	ΔRMF	ΔRMC
10%	-4.1%	1.8%	2.3%	2.6%	-3.2%	0.6%	3.4%	0.6%	-4.1%
20%	-8.3%	3.7%	4.6%	4.5%	-5.5%	1.0%	5.8%	1.1%	-6.9%
30%	-12.6%	5.6%	6.9%	5.8%	-7.1%	1.3%	7.5%	1.4%	-8.9%
40%	-16.8%	7.5%	9.3%	6.7%	-8.2%	1.5%	8.7%	1.6%	-10.3%
50%	-21.0%	9.4%	11.6%	7.3%	-8.9%	1.6%	9.5%	1.7%	-11.2%

In conclusione, il tempo di accesso è l'unico attributo che può notevolmente modificare le quote di mercato. La frequenza dei voli non assume nessun ruolo. La tariffa aerea ha effetti con aumenti superiori al 30%.

3.2.2.3 Indicatori di accessibilità proposti (S)

Sulla base dei criteri definiti al paragrafo precedente, sono stati calcolati una serie di indicatori basati sui modelli di scelta comportamentale funzionali a determinare uno scenario di competizione, complementarità, sussidiarietà e ridondanza del sistema rappresentato dai tre aeroporti ubicati sul territorio regionale della Campania. Tale

sistema aeroportuale è composto da Napoli Capodichino, Salerno Costa d'Amalfi e Grazzanise.

In un contesto in cui un solo aeroporto (Capodichino) è pienamente operativo, un secondo è in fase di lancio e necessita di importanti interventi strutturali (Salerno Costa d'Amalfi) ed un terzo è ancora in fase progettuale (Grazzanise), per calcolare indicatori basati sui comportamenti di scelta è necessario esportare i parametri di modelli calibrati in altri contesti, ovviamente, dopo aver fatto opportune considerazioni quantitative sul tipo e sulla funzione dei nuovi scali.

Gli indicatori di accessibilità calcolati sono i seguenti:

- Funzioni di utilità sistematica per i tre aeroporti
- Utilità inclusiva o Logsum
- Probabilità di scelta dell'aeroporto

La comprensione di queste misure non è immediata ma gli indicatori sono molto realistici e quindi ideali anche per ipotizzare scenari futuri, in quanto l'utilità associata ad una scelta è fortemente percepita dagli utenti. I tipi di misura elencati sono stati effettuati a partire da unità elementari, che in questo caso sono rappresentate dai 551 comuni della Regione Campania, le osservazioni sui risultati ottenuti saranno però concentrate soprattutto sugli indicatori di tipo aggregato, come la sommatoria dei singoli contributi e, in modo particolare, il valore medio ed il valore medio pesato assunto dall'indicatore. La valutazione disaggregata dei risultati sarà quasi del tutto rimandata alla consultazione delle mappe tematiche di accessibilità.

3.3 SCENARIO 1: COMPETIZIONE GRAZZANISE – SALERNO COSTA D'AMALFI

Nel primo scenario immaginato, si ipotizza l'assenza di aeroporti sul territorio campano e ci si pone nella condizione di realizzare un aeroporto ex-novo sulla base della sola competizione territoriale, si valuta, cioè, quale è la posizione più competitiva.

Per l'apertura o il potenziamento di uno scalo civile, sono necessarie una serie di condizioni che il sito deve soddisfare, più nel dettaglio il sito deve possedere i requisiti di spazio necessario per l'atterraggio ed il decollo dei velivoli, deve avere condizioni di buona visibilità durante buona parte dell'anno e deve essere monitorato per un periodo significativo in relazione ai venti prevalenti. Tali condizioni simultanee tendono a far preferire siti già utilizzati per l'aviazione, di solito a scopo militare.

Sul territorio regionale sono state individuate due superfici principali, situate nelle principali aree pianeggianti: Grazzanise nella piana del Volturno-Garigliano e Pontecagnano nella piana del Sele.

Il sito di Pontecagnano è stato già adibito a scalo civile ovvero l'*Aeroporto di Salerno Costa d'Amalfi*, mentre su Grazzanise c'è un progetto di realizzazione di un aeroporto intercontinentale.

Le superfici avioniche citate sono state utilizzate in passato a scopi militari.

3.3.1 Analisi della competizione – tempi di accesso

Dati statistici.

Sono stati analizzati e confrontati i tempi di accesso verso ciascuno dei due aeroporti calcolati a partire dai 551 comuni della Campania.

I primi dati statistici ottenuti per un confronto immediato con altri indicatori sono i seguenti:

Grazzanise: tempo minimo di accesso circa 3 minuti (Grazzanise - Ce), tempo massimo circa 3h e 30 min (Casaletto Spartano – Sa), tempo medio di accesso dai comuni campani circa 1h e 20 min.

Salerno: tempo minimo di accesso circa 5 min (Pontecagnano Faiano – Sa), tempo massimo circa 3h e 10 min (Monte di Procida –Na), tempo medio di accesso dai comuni campani circa 1h e 10 min.

Elaborazioni aggregate.

I confronti sull'indicatore aggregato sono stati eseguiti in particolare sul valore medio del tempo di viaggio rispetto ai comuni, ai residenti, ai

residenti con reddito, agli addetti ed alle unità locali della Regione Campania.

Per un immediato riscontro delle performance relative, sono stati analizzati inoltre le variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto ad un aeroporto di riferimento che è individuato sempre in Grazzanise.

In tab. 3.5 sono riportati i valori medi pesati dei tempi di viaggio rispetto alle diverse opportunità sopra definite ed in fig. sono riportati i confronti grafici dell'indicatore relativi ai due aeroporti oggetto di studio oltre alle variazioni percentuali dei tempi medi pesati verso Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.

Il tempo medio di spostamento dai comuni campani verso ciascuno dei due aeroporti, è stato ottenuto dividendo la sommatoria dei tempi elementari di spostamento per il numero di comuni (551). La media pesata sulla popolazione, su popolazione e reddito, su addetti e unità locali è stata calcolata come la sommatoria estesa a tutti i comuni del tempo elementare per l'opportunità considerata diviso la sommatoria dell'opportunità considerata rispetto ai comuni campani, ad esempio per il valore pesato del costo totale per popolazione e reddito si ha:

$$T_m = \Sigma (re*pop*t) / \Sigma (re*pop)$$

Tabella 3.5 Tempi medi di accesso pesati

Aeroporto	Grazzanise (min)	Salerno (min)
T_Medi_Accesso (per comune)	83.1	71.2
T_Medi_Accesso (per residente)	61.6	63.3
T_Medi_Accesso (per residente e reddito)	61.4	61.9
T_Medi_Accesso (per addetti)	59.9	59.8
T_Medi_Accesso (per unità locali)	63.8	61.8

Dai dati in tabella, si evince che mediamente, un residente della Campania impiega quasi 62 minuti per raggiungere l'aeroporto di Grazzanise e poco più di 63 minuti per raggiungere lo scalo di Salerno

Costa d'Amalfi. I tempi, pesati per residenti e reddito, sono simili per i due scali e compresi tra 61 e 62 minuti, mentre i tempi pesati per gli addetti sono molto prossimi all'ora esatta per entrambi gli scali. Valori superiori e più favorevoli allo scalo salernitano (83 min. per Grazzanise e 71 min. per Salerno) rappresentano la media dei tempi per i comuni campani.

Dal grafico 2 in fig. 3.2 (vedi didascalia 1) risulta che il tempo medio per residente dello scalo salernitano risulta più alto di circa il 3% rispetto a Grazzanise, mentre pesando anche per il reddito la differenza scende a circa 1%; il tempo medio pesato per gli addetti è praticamente coincidente per i due scali, se si considera il tempo medio per i comuni della Campania, il rapporto si inverte con riduzione di circa il 14% per lo scalo salernitano rispetto allo scalo casertano.

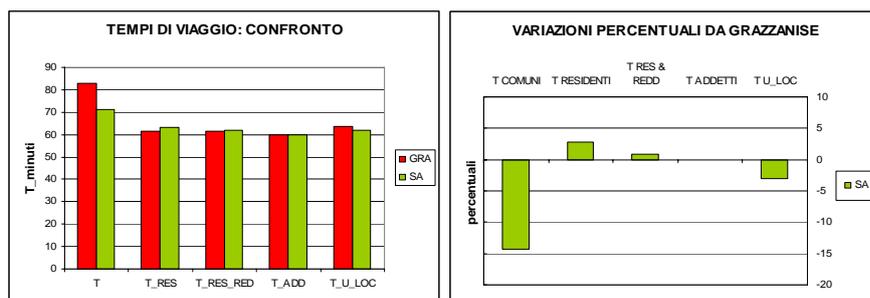


Figura 3.2 Tempi medi di accesso pesati con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.²

Variazioni non lineari del tempo.

Per una analisi più completa e per apprezzare maggiormente le differenze di performance, i tempi di accesso verso i due terminali aeroportuali

² L'ordine di lettura dei grafici nelle figure è prioritariamente da sinistra verso destra e successivamente dall'alto al basso, es. grafico 1 in alto a sinistra, grafico 2 in alto a destra, grafico 3 seconda riga a sinistra, grafico 4 seconda riga a destra, ecc.

sono stati elevati a potenze comprese tra $[0.1 - 2]$ con un incremento progressivo di 0.1. Le elaborazioni grafiche (fig. 3.3) dei valori medi ottenuti dalle trasformazioni non lineari del tempo, riferite sempre al tempo medio per residente in Campania, indicano tempi sempre più alti per Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise, le differenze sono contenute in valori inferiori al 3%. Tale risultato è massimo per valori della potenza prossimi all'unità, come evidenziato dal grafico 2 in fig. in cui è riportata la variazione percentuale dei valori rispetto all'aeroporto di riferimento, è possibile osservare infatti un andamento di tipo parabolico. Un andamento simile si riscontra per le trasformazioni del tempo mediante funzione di tipo box-cox, come è evidenziato nel grafico 4 in fig. 3.3.

Per le trasformazioni di tipo logaritmico (fig. grafico 6) del tempo medio per residente si osserva un lieve incremento, comunque inferiore al 2%, per lo scalo salernitano.

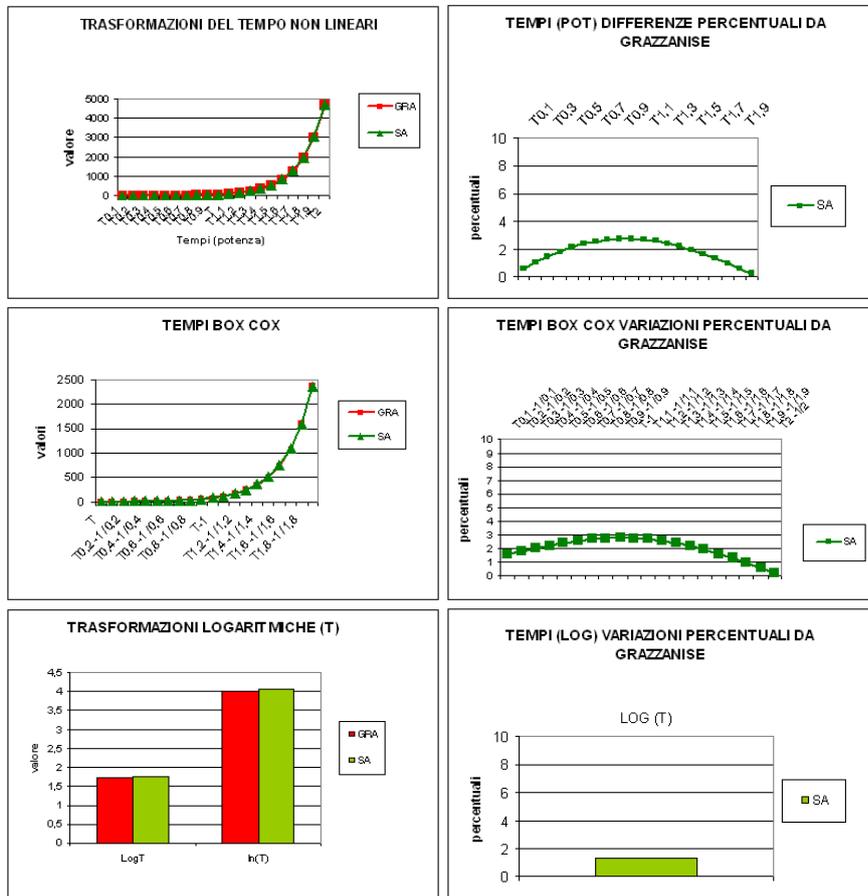


Figura 3.3 Tempi medi di accesso per residente: funzione potenza, box-cox e trasformazioni logaritmiche con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.

Soglie.

Per ciascuno degli aeroporti oggetto di studio confrontati sulla base dei tempi di viaggio sono stati calcolati degli indicatori di accessibilità a soglia rappresentati dal numero di comuni, dal numero di residenti, dal numero di addetti e dal numero di unità locali compresi all'interno di soglie temporali con intervalli di 20 minuti.

In particolare, per gli aeroporti messi a confronto, risultano i valori riportati nelle tabelle 3.6 e 3.7.

Paragonando le performance dei due siti aeroportuali si evince che nella prima fascia (0-20 min), l'aeroporto di Grazzanise può essere raggiunto

a partire da 16 comuni e da oltre 215,000 abitanti, mentre l'aeroporto di Salerno, nella stessa soglia temporale è raggiungibile a partire da 9 comuni e più di 300,000 abitanti campani.

Buone performance da parte degli scali considerati si registrano nella fasce di tempo intermedie (0-80 min), in cui il 75% dei residenti campani può raggiungere Grazzanise e quasi l'85% può raggiungere Salerno Costa d'Amalfi. Si osserva (fig. 3.4 grafici 5, 6) inoltre, che in condizioni di piena operatività di Grazzanise e Salerno, solo pochi comuni ed una aliquota bassa di popolazione si trova in posizione estremamente svantaggiata (> 120 min.) rispetto ai nuovi terminali di trasporto aereo.

Tabella 3.6 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di tempo di accesso in auto per Grazzanise

GRAZZANISE	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 20	16	215406	22065	9422
SOGLIA 40	81	1303392	164755	53989
SOGLIA 60	173	3403255	601337	172735
SOGLIA 80	273	4388992	746019	232063
SOGLIA 100	376	5197556	859692	273028
SOGLIA 120	459	5537580	908800	293511
SOGLIA >120	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.7 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di tempo di accesso in auto per Salerno Costa d'Amalfi

SALERNO C. AMALFI	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 20	9	303732	67016	20855
SOGLIA 40	57	796969	156040	48934
SOGLIA 60	195	3191318	629658	185132
SOGLIA 80	403	4896162	846951	267392
SOGLIA 100	491	5488398	905263	294164
SOGLIA 120	524	5678208	931020	303220
SOGLIA >120	551	5834056	952988	312272

Le buone performance riscontrate per gli scali emergenti nelle fasce temporali intermedie sono confermate anche per quanto riguarda gli indicatori economici (addetti ed unità locali), come si evince dai grafici 3 e 4 in fig. 3.4, confermando la validità dei terminali aeroportuali presi in considerazione anche per spostamenti di tipo business.

Un sintetico quadro riepilogativo ed un confronto immediato tra le performance dei due aeroporti messi a confronto relativamente alle opportunità raggiungibili (numero comuni, numero residenti, numero addetti e numero unità locali) nelle varie soglie temporali può essere facilmente condotto esaminando i grafici proposti in figura 3.4.

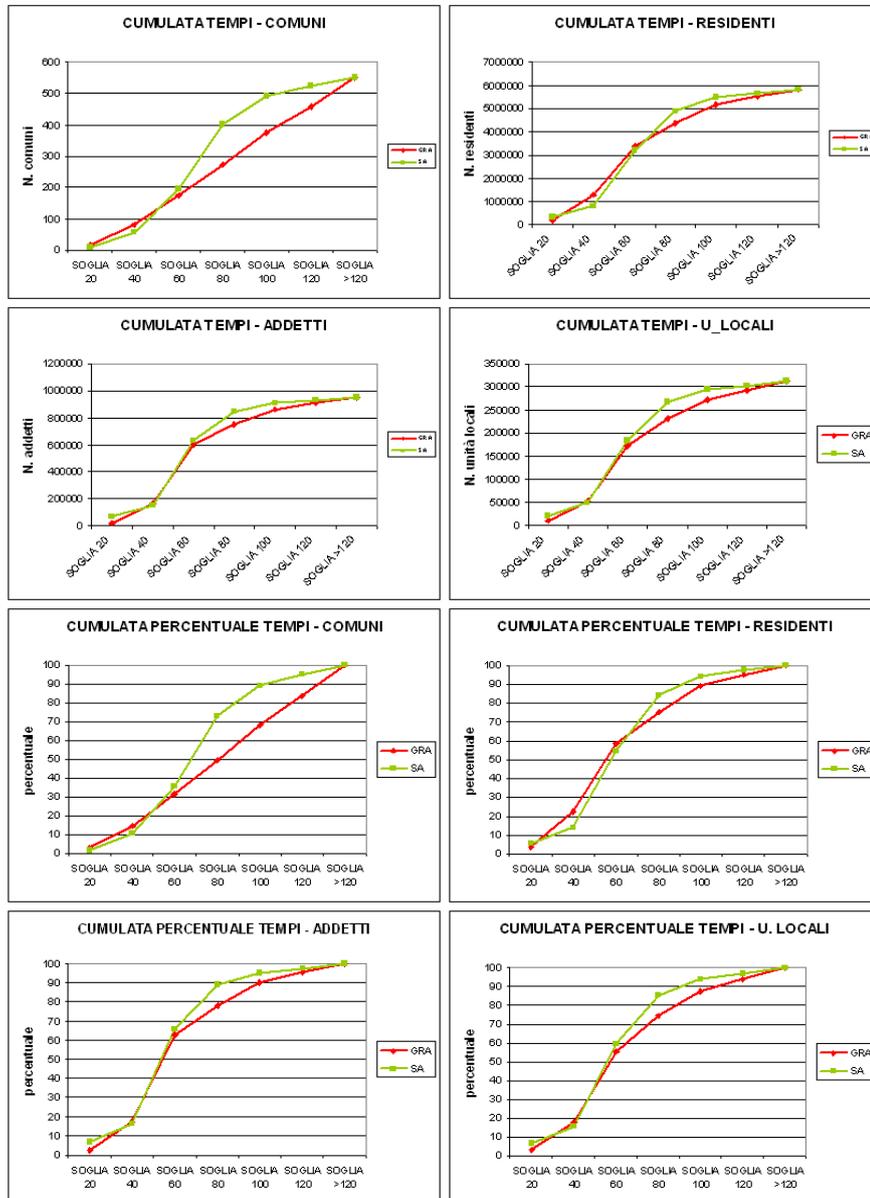


Figura 3.4 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili nelle varie soglie di tempo.

CARTE TEMATICHE TEMPI

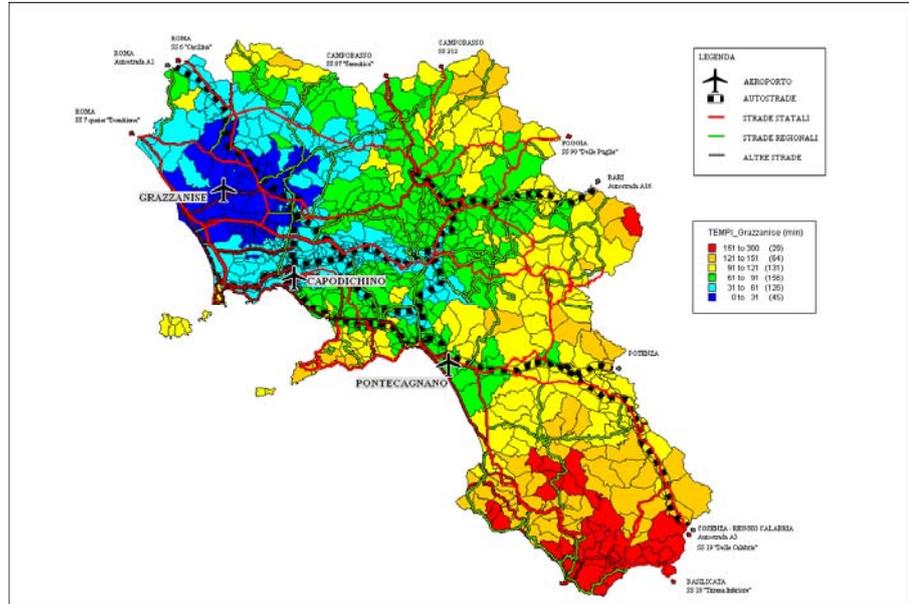
Nella sezione dedicata alle carte tematiche relative ai tempi di accesso in auto verso i due scali della Campania messi a confronto saranno evidenziati:

- Gli intervalli di tempo di accesso verso i due scali

Gli intervalli sono specificati nella legenda al margine della carta, la scala cromatica parte dai colori più “freddi” (azzurro, celeste) che corrispondono ai valori più bassi ed arriva ai colori più “caldi” (arancio, rosso) che corrispondono ai valori più alti dell’indicatore.

I tempi sono calcolati per uno spostamento singolo, solo in andata verso l’aeroporto considerato.

Gli intervalli scelti per la rappresentazione sono più ampi di quelli scelti per le funzioni di opportunità per una migliore leggibilità della carta e poiché, non trattandosi di un’analisi numerica, non è stata condotta un’indagine più dettagliata.



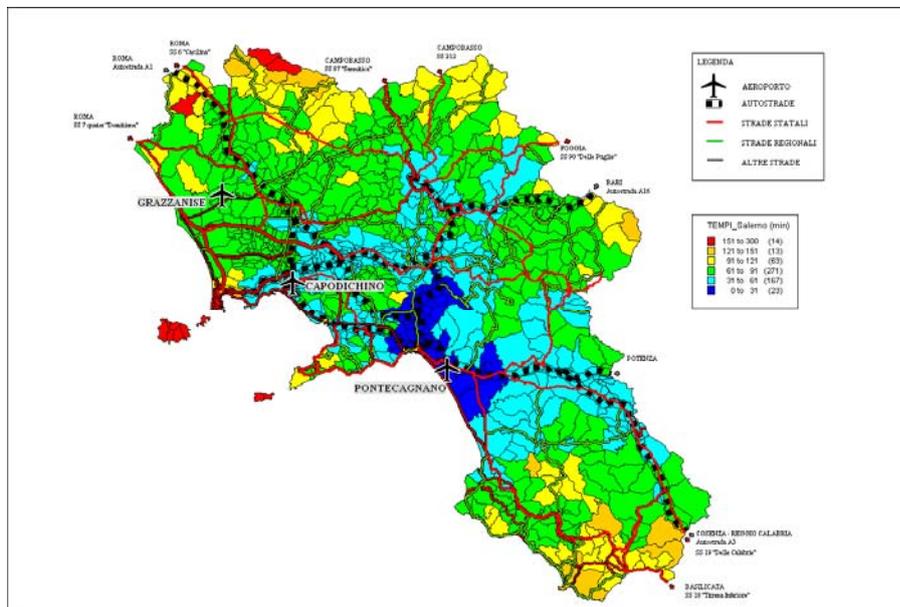
Carta 1 Intervalli di tempo di viaggio in auto verso Grazzanise: suddivisione su base comunale.

Commento alla carta

I comuni da cui si può raggiungere in un'ora di auto in condizioni di traffico medio l'Aeroporto di Grazzanise (171) occupano una vasta area che comprende la provincia di Caserta e parte delle province di Napoli e Benevento, discrete condizioni di accessibilità (61-91 min. di tempo di accesso) sono garantite ad una vasta fascia di comuni appartenenti a tutte le province della Campania.

La raggiungibilità trasportistica dello scalo casertano è dovuta, in massima parte, a due arterie autostradali a tre corsie (A1 – A30) che si incrociano proprio in prossimità del Capoluogo di Provincia e del terminale aeroportuale in questione.

Le aree più penalizzate per raggiungere lo scalo sono quelle del Cilento e le municipalità poste ai confini orientali della Regione.



Carta 2 Intervalli di tempo di viaggio in auto verso Salerno Costa d'Amalfi: suddivisione su base comunale.

Commento alla carta

L'aeroporto di Salerno – Costa d'Amalfi è il terminale con la massima accessibilità passiva della Campania. I comuni da cui si può raggiungere lo scalo salernitano in un'ora di auto (190) occupano tutta la fascia centrale della Regione, in cui è concentrata la massima parte della popolazione residente.

La raggiungibilità dello scalo salernitano è dovuta all'autostrada A3, che nel tratto compreso tra Battipaglia e Salerno è stato ampliato a tre corsie e, mediante il raccordo autostradale SA-AV, è collegata alla autostrada A30 che garantisce rapidi spostamenti in direzione nord. Nel tratto a sud dello scalo, l'autostrada A3 di recente rimodernata, solo a carattere stagionale è interessata da traffico congestionato.

Le aree più penalizzate per raggiungere lo scalo in questione sono rappresentate dalle municipalità poste ai confini settentrionali della Regione e da quelle appartenenti all'Arcipelago Campano.

3.3.2 Analisi della competizione – costi generalizzati

Dati statistici.

Sono stati analizzati e confrontati i costi totali di accesso verso ciascuno dei due aeroporti calcolati a partire dai 551 comuni della Campania. Nella valutazione dei costi generalizzati si è tenuto conto di tre voci principali: il costo medio del tempo ($\beta_1 * T$), il consumo medio di carburante stimato in base alla distanza, al consumo medio delle autovetture ed al costo medio del carburante (benzina e gasolio) ed infine i pedaggi di autostrade e tangenziali, ove previsti. Il parametro di sostituzione β_1 che indica il costo unitario del tempo (circa 6 euro/ora), è stato ricavato da recenti studi eseguiti nell'area di interesse.

I primi dati statistici ottenuti per un confronto immediato con altri indicatori sono i seguenti per i due scali:

Grazzanise: costo minimo di accesso 2 euro e settanta centesimi (Grazzanise - Ce), costo massimo circa 59 euro (Casaletto Spartano – Sa), costo medio per i comuni campani circa 25 euro.

Salerno: costo minimo di accesso 1 euro e trenta centesimi (Pontecagnano Faiano - Sa), costo massimo 52 euro (Monte di Procida - Na), costo medio per i comuni campani circa 21 euro.

Elaborazioni aggregate.

I confronti sull'indicatore aggregato sono stati eseguiti in particolare sul valore medio del costo generalizzato di viaggio rispetto ai comuni, ai residenti, ai residenti con reddito, agli addetti ed alle unità locali della Regione Campania.

Per un immediato riscontro delle performance relative, sono stati analizzati inoltre le variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto ad un aeroporto di riferimento che è individuato sempre in Grazzanise.

In tab. 3.8 sono riportati i valori medi pesati dei costi generalizzati rispetto alle diverse opportunità sopra definite ed in fig. 3.5 sono riportati i confronti grafici dell'indicatore rispetto ai due aeroporti oggetto di studio oltre alle variazioni percentuali dei costi medi pesati verso Salerno C. Amalfi, rispetto a Grazzanise.

Tabella 3.8 Costi generalizzati medi di accesso pesati

Aeroporto	Grazzanise (euro)	Salerno (euro)
C_Medi_Accesso (per comune)	25.2	20.9
C_Medi_Accesso (per residente)	18.7	18.9
C_Medi_Accesso (per residente e reddito)	18.7	18.5
C_Medi_Accesso (per addetti)	18.1	17.7
C_Medi_Accesso (per unità locali)	19.4	18.4

Il costo medio di spostamento dai comuni campani verso ciascuno dei due aeroporti, è stato ottenuto dividendo la sommatoria dei costi elementari di spostamento per il numero di comuni (551). La media pesata sulla popolazione, su popolazione e reddito, su addetti e unità locali è stata calcolata come la sommatoria estesa a tutti i comuni del costo elementare per l'opportunità considerata diviso la sommatoria dell'opportunità considerata rispetto ai comuni campani, ad esempio per il valore pesato del costo generalizzato per popolazione e reddito si ha:

$$C_m = \frac{\sum (re \cdot pop \cdot c)}{\sum (re \cdot pop)}$$

Dall'esame dei valori riportati in tab. 3.8, si riscontra che il costo medio di accesso ai terminali aeroportuali per i comuni campani varia da quasi 21 euro per Salerno a poco più di 25 euro per Grazzanise; il costo medio per un residente campano oscilla in modo più contenuto intorno ai 19 euro per i due aeroporti oggetto di valutazione. Il grafico 2 in fig. 3.5 relativo alle variazioni dei costi pesati rispetto a Grazzanise conferma la maggiore uniformità vista anche per i tempi quando si prende in considerazione la popolazione residente e il reddito.

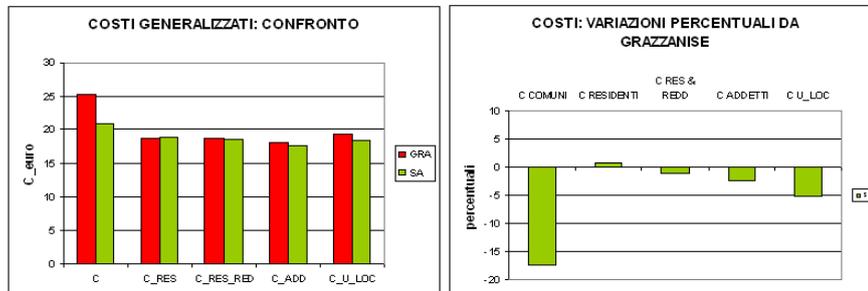


Figura 3.5 Costi generalizzati di accesso pesati con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.

Variazioni non lineari del costo generalizzato.

Per una analisi più completa e per apprezzare maggiormente le differenze di performance, i costi generalizzati di accesso ai due terminali aeroportuali sono stati elevati a potenze comprese tra [0.1 – 2] con un incremento progressivo di 0.1. Le elaborazioni grafiche (fig. 3.6) dei valori medi ottenuti dalle trasformazioni non lineari (potenza e box-cox) del costo generalizzato, indicano valori di costo di accesso confrontabili per gli aeroporti complementari a Capodichino, in particolare (grafico 2) per valori della potenza compresi tra 0.1 e 1.5 c'è un leggero incremento del costo verso Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise, con un valore massimo di circa 1% in corrispondenza della potenza uguale a 0,8; per valori della potenza superiori a 1.5 i costi per raggiungere lo scalo salernitano sono più bassi, fino a circa 2% in meno per potenza uguale a due.

Le trasformazioni di tipo box-cox (grafico 4) confermano i risultati visti per le funzioni potenza, con un andamento molto simile per le differenze di Salerno Costa d'Amalfi rispetto allo scalo casertano.

Le trasformazioni logaritmiche del costo generalizzato (grafico 6) evidenziano una performance sostanzialmente pari per i due terminali, con incremento di circa mezzo punto percentuale per Salerno Costa d'Amalfi.

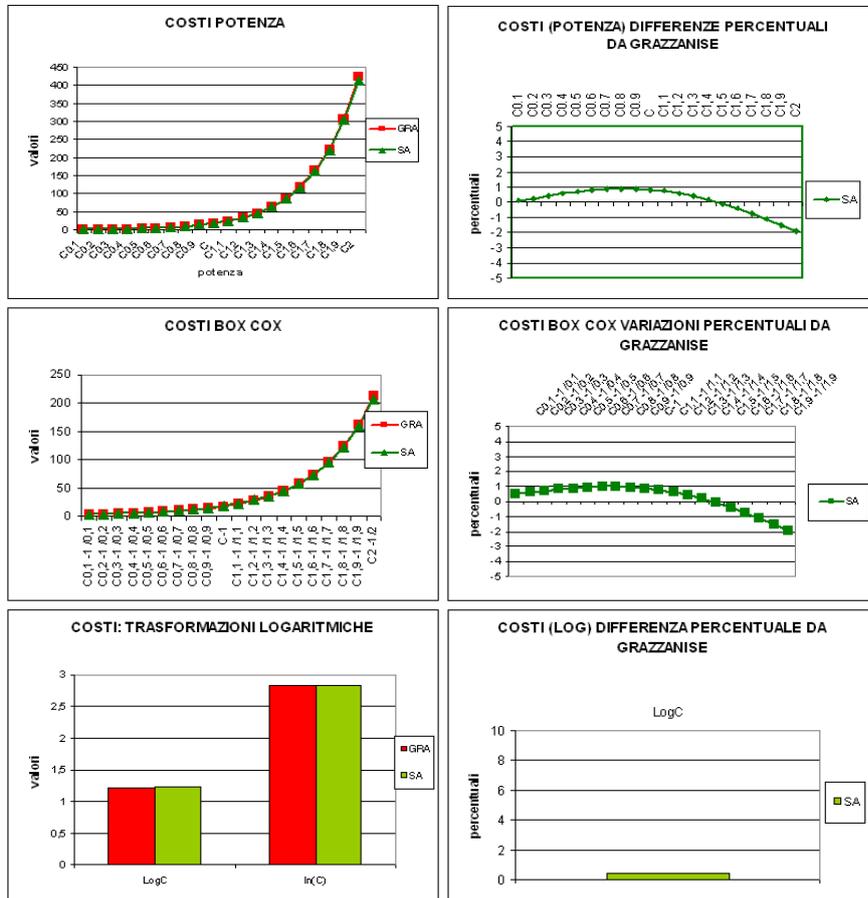


Figura 3.6 Costi generalizzati di accesso per residente: funzione potenza, box-cox e trasformazioni logaritmiche con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.

Soglie.

Per ciascuno degli aeroporti oggetto di studio confrontati sulla base dell'offerta del sistema di trasporto sono stati calcolati degli indicatori di accessibilità a soglia rappresentati dal numero di comuni, dal numero di residenti, dal numero di addetti e dal numero di unità locali compresi all'interno di soglie di costo totale di accesso con intervalli di 10 euro.

In particolare, per gli aeroporti messi a confronto, risultano i valori riportati nelle tabelle 3.9 e 3.10.

Eseguendo una zonizzazione a scala comunale del territorio regionale sulla base delle soglie di costo di accesso agli aeroporti oggetto di studio si riscontrano i seguenti risultati: con costi complessivi di accesso che non superano i 10 euro, gli aeroporti di Grazzanise e Salerno sono raggiungibili rispettivamente da 43 e 45 comuni con 622,000 e 660,000 residenti nella Regione Campania. Nella soglia di costo intermedia di 30 euro Grazzanise e Salerno Costa d'Amalfi sono raggiungibili rispettivamente dal 90% e da quasi il 95% dei residenti campani (fig. 3.7 grafico 6). Nelle soglie di costo superiori a 40 euro si trovano circa 100,000 residenti, concentrati maggiormente in piccoli comuni e notoriamente non particolarmente predisposti al modo di spostamento aereo. Irrilevante la quota di abitanti che deve superare la soglia di 50 euro per accedere ai terminali di trasporto aereo. Nella figura 3.7 sono riportati i grafici dei valori cumulati e delle percentuali cumulate relativi rispettivamente al numero di comuni, al numero di residenti ed al numero di addetti e di unità locali compresi all'interno delle soglie di costo generalizzato di accesso sopra definite.

Tabella 3.9 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di costo totale di accesso in auto per Grazzanise

GRAZZANISE	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 10	45	622331	90837	28394
SOGLIA 20	186	3577684	626936	183176
SOGLIA 30	364	5164086	857102	270991
SOGLIA 40	505	5741856	943054	306310
SOGLIA 50	544	5816763	950876	311030
SOGLIA 60	551	5834056	952988	312272
SOGLIA >60	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.10 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di costo totale di accesso in auto per Salerno Costa d'Amalfi

SALERNO C. AMALFI	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 10	43	659487	135409	42039
SOGLIA 20	273	3557112	691967	204525
SOGLIA 30	490	5479454	906300	293813
SOGLIA 40	534	5699310	933410	304617
SOGLIA 50	550	5820715	951859	311774
SOGLIA 60	551	5834056	952988	312272
SOGLIA >60	551	5834056	952988	312272

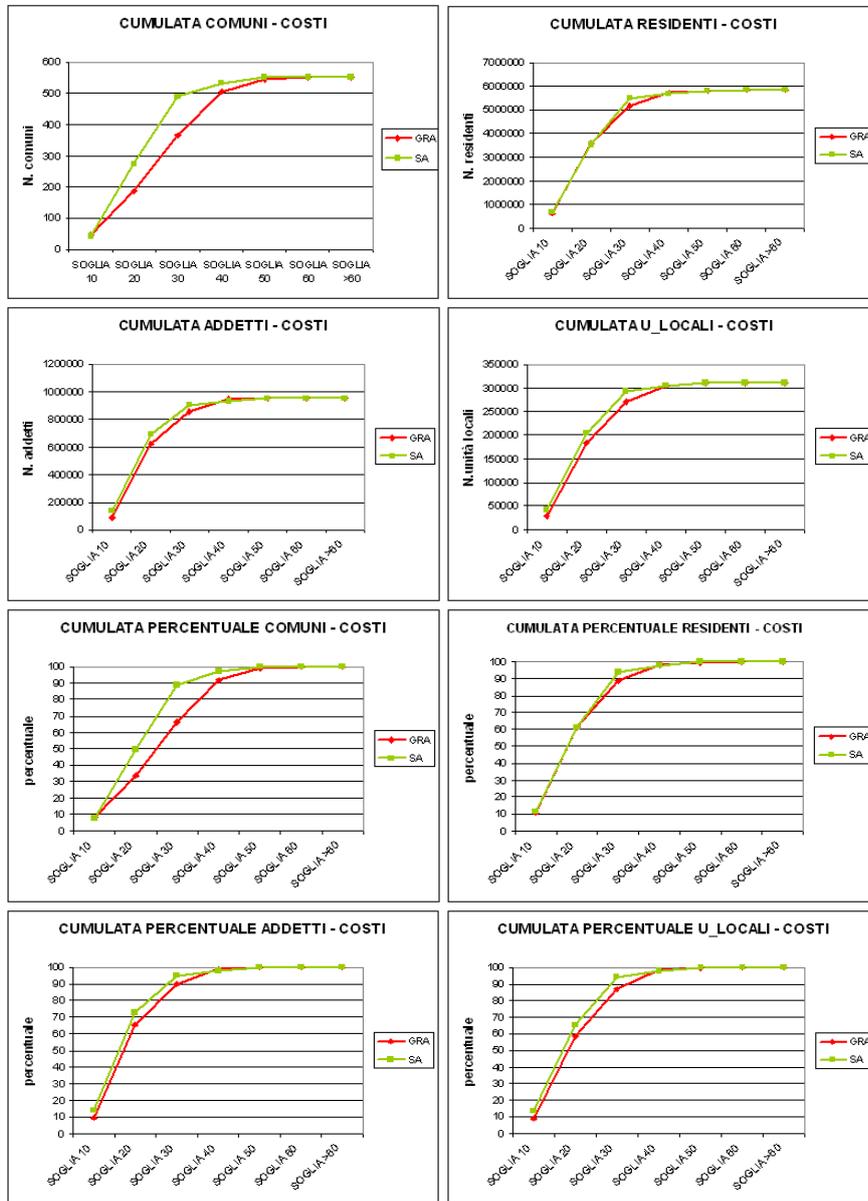


Figura 3.7 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili nelle varie soglie di costo generalizzato.

CARTE TEMATICHE COSTI

Nella sezione dedicata alle carte tematiche relative ai costi generalizzati di accesso in auto verso i due scali della Campania messi a confronto, saranno evidenziate:

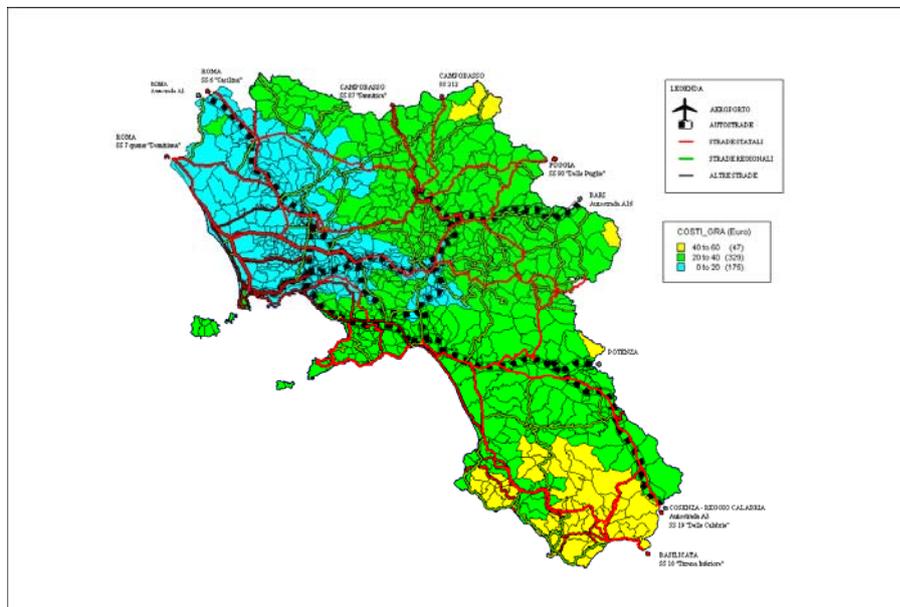
- gli intervalli di costo generalizzato di accesso verso i due scali

Gli intervalli sono specificati nella legenda al margine della carta, la scala cromatica parte dai colori più “freddi” (azzurro, celeste) che corrispondono ai valori più bassi ed arriva ai colori più “caldi” (arancio, rosso) che corrispondono ai valori più alti dell’indicatore.

Si ricorda, a tal proposito, che per costi generalizzati si intende una combinazione lineare di costi di tempo, di carburante ed eventualmente di pedaggio autostradale.

I costi sono calcolati per uno spostamento singolo, solo in andata verso l’aeroporto dal comune considerato.

Gli intervalli scelti per la rappresentazione sono più ampi di quelli scelti per le funzioni di opportunità per una migliore leggibilità della carta e poiché, non trattandosi di un’analisi numerica, non è stata condotta un’indagine più dettagliata.



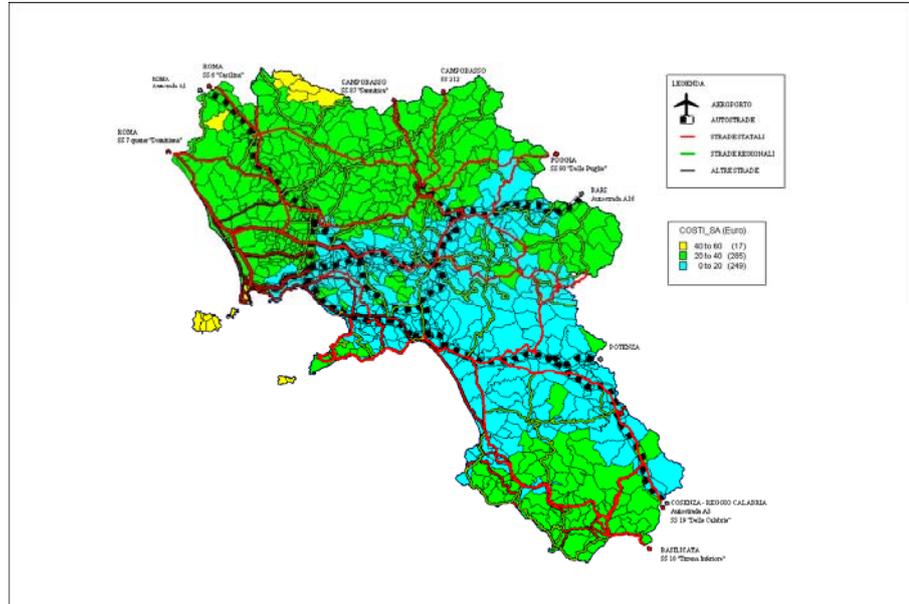
Carta 3 Intervalli di costo generalizzato per spostamenti in auto verso Grazzanise: suddivisione su base comunale.

Commento alla carta

I comuni da cui si può raggiungere l'Aeroporto di Grazzanise in auto con una spesa compresa in 20 euro sono compresi in una vasta fascia di territorio che include il Capoluogo regionale ed altre 174 municipalità; l'area include la provincia di Caserta, parte di quella di Napoli e qualche comune del salernitano.

Con un costo generalizzato compreso nei 40 euro è possibile andare verso lo scalo casertano da quasi tutti i comuni della Campania.

Costi superiori sono necessari per raggiungere l'aeroporto a partire dalle municipalità poste all'estremo margine meridionale della provincia di Salerno o ai limiti estremi della Regione.



Carta 4 Intervalli di costo generalizzato per spostamenti in auto verso Salerno Costa d'Amalfi: suddivisione su base comunale.

Commento alla carta

I comuni da cui si può raggiungere l'Aeroporto di Salerno in auto con una spesa compresa in 20 euro sono compresi in una vasta fascia di territorio che include buona parte delle provincie di Salerno e di Napoli e buona parte dei comuni dell'avellinese, per un totale di 249 municipalità. Con un costo generalizzato compreso nei 40 euro è possibile andare verso lo scalo salernitano da quasi tutti i comuni della Campania escluso quelli dell'arcipelago campano e quelli posti all'estremo margine settentrionale della Regione.

3.3.3 Analisi della competizione – indicatori composti

Per gli indicatori costruiti con una combinazione di attributi di livello di servizio (tempo di accesso – costi generalizzati), di attributi socio-economici (reddito medio) e di attributi del territorio (popolazione residente - addetti), sono stati analizzati i valori dell'indicatore aggregato, rimandando alla rappresentazione su carta tematica le differenze alla scala comunale.

In tab. 3.11 è riportata una sintesi dei valori assunti dagli indicatori composti:

Tabella 3.11 Valori degli indicatori composti per i due aeroporti

Indicatore	Grazzanise	Salerno
Pop/Tempo	224.9	214.1
Pop * Tempo	652535.1	670402.0
Addetti / Tempo	36.0	38.1
Redd * Pop/Tempo	1650078.0	1695625.0
Costo * Tempo	198315.5	199984.1

Popolazione / Tempo di accesso:

Questo indicatore di accessibilità è definito anche “potenziale di emissione”, per la misura dell'indicatore aggregato è stato scelto il valore medio per la Campania ottenuto dalla sommatoria dei valori per ciascun comune diviso il numero di comuni.

Per un immediato confronto tra gli aeroporti è stata inoltre proposta una rappresentazione dell'indicatore in forma grafica riportando il valore medio e le variazioni percentuali relative a Salerno Costa d' Amalfi rispetto al riferimento di Grazzanise (figura 3.8, grafici 1, 6).

L'indicatore che rappresenta il potenziale di emissione verso l'aeroporto a partire dai comuni campani è più basso per l'aeroporto di Salerno di circa il 5% rispetto a Grazzanise, aeroporto di riferimento.

Per questo indicatore sono state studiate le variazioni non lineari del tempo, con potenze comprese tra $[0,1 - 2]$ e incremento di 0,1; sono state inoltre testate funzioni logaritmiche, esponenziali e di tipo box-cox, i risultati sono riportati in figura 3.9.

In fig. 3.9 grafico 4 si osserva che i valori dell'indicatore per Salerno Costa d'Amalfi sono inferiori a Grazzanise, con un punto di minimo di circa il 5% in corrispondenza del valore della potenza uguale a 1,2, la differenza tende poi a ridursi per valori superiori della potenza.

L'andamento dell'indicatore al variare dell'esponente della funzione box-cox è simile a quello riscontrato per la funzione potenza, in questo caso però, i valori risultano leggermente differenti, come si evince dal grafico 6 fig. 3.9.

Nella trasformazione logaritmica del tempo (fig. 3.10 grafico 2) il valore dell'indicatore è inferiore di circa 2 punti percentuali per l'aeroporto di Salerno rispetto a Grazzanise.

La differenza tra i due scali, per l'indicatore esponenziale del tempo (fig. 3.10 grafico 6), è di circa del 30% per l'esponenziale del valore ottenuto dal rapporto $\text{pop}/\exp(t)$.

Popolazione x Tempo di accesso:

Questo indicatore di accessibilità è definito anche “tempo totale speso”, per la misura dell'indicatore aggregato è stato scelto il valore medio per la Campania ottenuto dalla sommatoria dei valori per ciascun comune diviso il numero di comuni.

Per un immediato confronto tra gli aeroporti è stata inoltre proposta una rappresentazione dell'indicatore in forma grafica riportando il valore medio e le variazioni percentuali relative a Salerno Costa d' Amalfi rispetto al riferimento di Grazzanise (figura 3.8., grafici 2, 6).

L'indicatore che rappresenta il tempo totale speso in direzione dell'aeroporto a partire dai comuni campani è più alto per l'aeroporto di Salerno di circa il 3%, rispetto a Grazzanise, aeroporto di riferimento, come si evince dal grafico 6 di fig. 3.8.

Per tale indicatore sono state inoltre studiate le variazioni non lineari del tempo, con potenze comprese tra $[0,1 -1]$ ed incrementi progressivi di 0,1, i risultati sono riportati in fig. 3.9 grafico 1.

I valori dell'indicatore risultano sempre più bassi per Grazzanise rispetto a Salerno, come si evince dal grafico 2 in fig. 3.9; la tendenza è confermata dai grafici di trasformazione logaritmica del tempo (fig. 3.10 grafico 2).

Addetti/Tempo di accesso:

Questo indicatore di accessibilità è definito anche “potenziale di attrazione”, per la misura dell’indicatore aggregato è stato scelto il valore medio per la Campania ottenuto dalla sommatoria dei valori per ciascun comune diviso il numero di comuni.

Per un immediato confronto tra gli aeroporti è stata inoltre proposta una rappresentazione dell’indicatore in forma grafica riportando il valore medio e le variazioni percentuali relative a Salerno Costa d’ Amalfi rispetto al riferimento di Grazzanise (figura 3.8, grafici 3, 6).

L’indicatore che rappresenta il potenziale di attrazione del bacino di riferimento dell’aeroporto è più alto per l’aeroporto di Salerno di circa il 5%, rispetto a Grazzanise, aeroporto di riferimento, come si evince dal grafico 6.

Reddito medio \times Popolazione/Tempo di accesso:

L’ indicatore aggregato che rappresenta il potenziale di emissione pesato rispetto al reddito verso l’aeroporto considerato a partire dai comuni campani è stato misurato in base al valore medio per la Regione ottenuto dalla sommatoria dei valori per ciascun comune diviso il numero di comuni.

Per un immediato confronto tra gli aeroporti è stata inoltre proposta una rappresentazione dell’indicatore in forma grafica riportando il valore medio e le variazioni percentuali relative a Salerno Costa d’ Amalfi rispetto al riferimento di Grazzanise (figura 3.8, grafici 4, 6).

L’indicatore risulta più alto di circa il 3% per l’aeroporto di Salerno Costa d’Amalfi rispetto all’aeroporto di riferimento (grafico 6).

Costo Generalizzato \times Tempo di accesso:

Questo indicatore di accessibilità è definito anche “costo totale”, per la misura dell’indicatore aggregato è stato scelto il valore medio per la Campania ottenuto dalla sommatoria dei valori per ciascun comune diviso il numero di comuni.

Per un immediato confronto tra gli aeroporti è stata inoltre proposta una rappresentazione dell’indicatore in forma grafica riportando il valore medio e le variazioni percentuali relative a Salerno Costa d’ Amalfi rispetto al riferimento di Grazzanise (figura 3.8., grafici 5, 6).

L’indicatore risulta più alto di circa l’ 1% per l’aeroporto di Salerno Costa d’Amalfi rispetto all’aeroporto di riferimento (grafico 6).

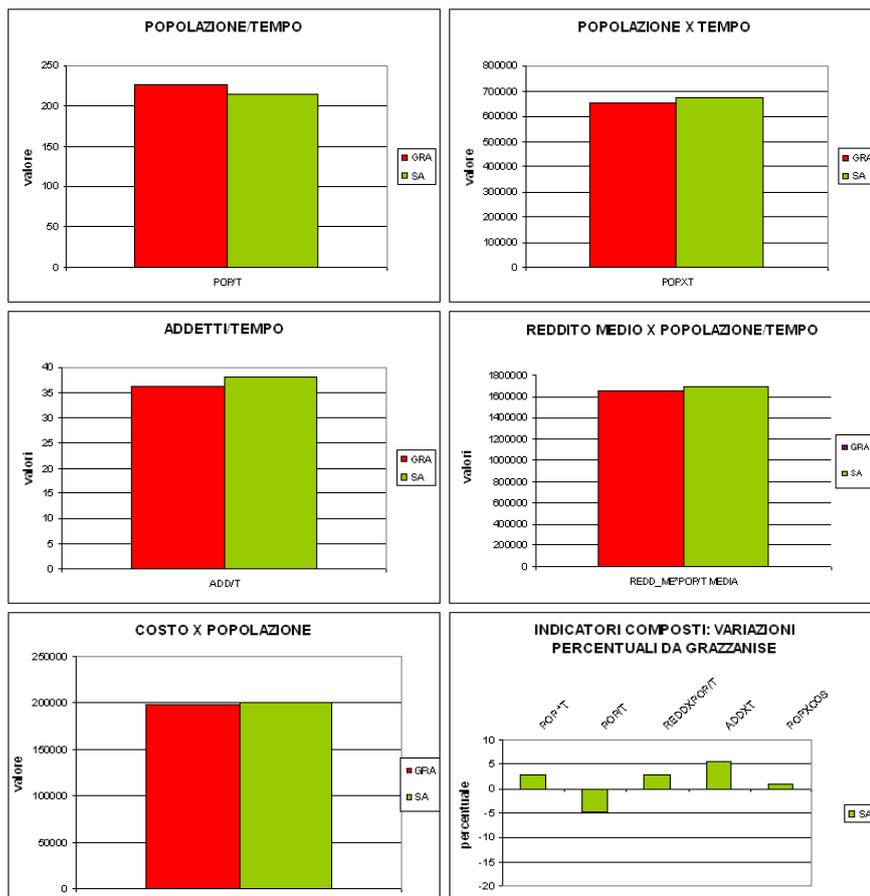


Figura 3.8 Indicatori composti: confronto tra i due scali con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.

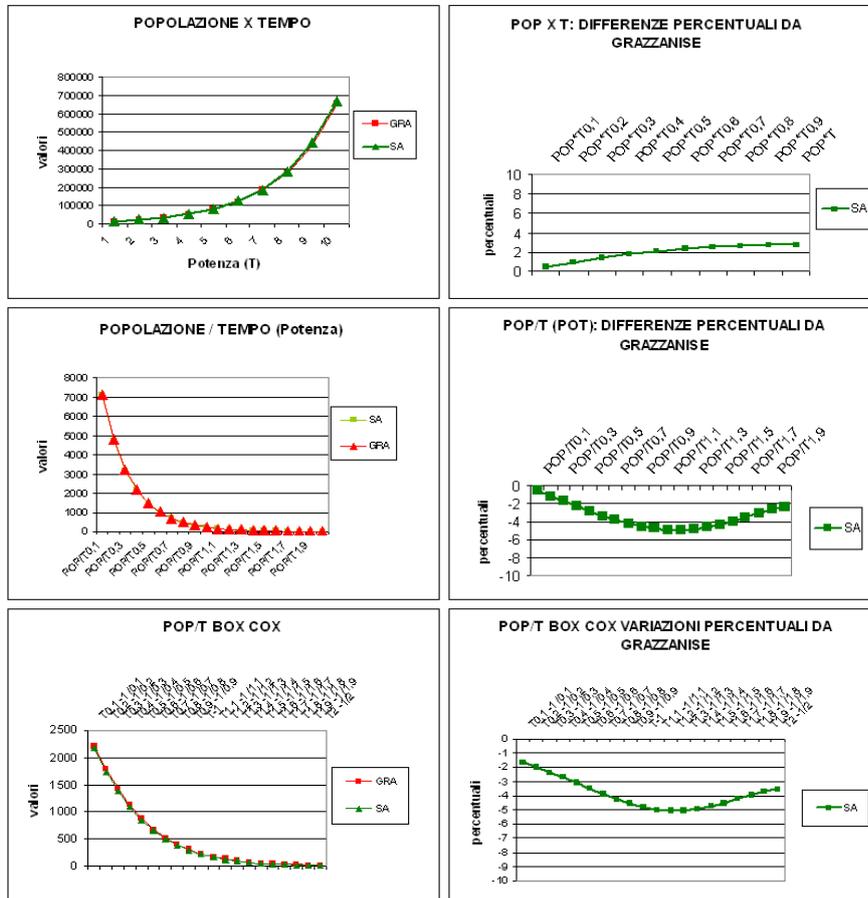


Figura 3.9 Indicatori composti (popxt e pop/t): funzioni potenza e box-cox con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.

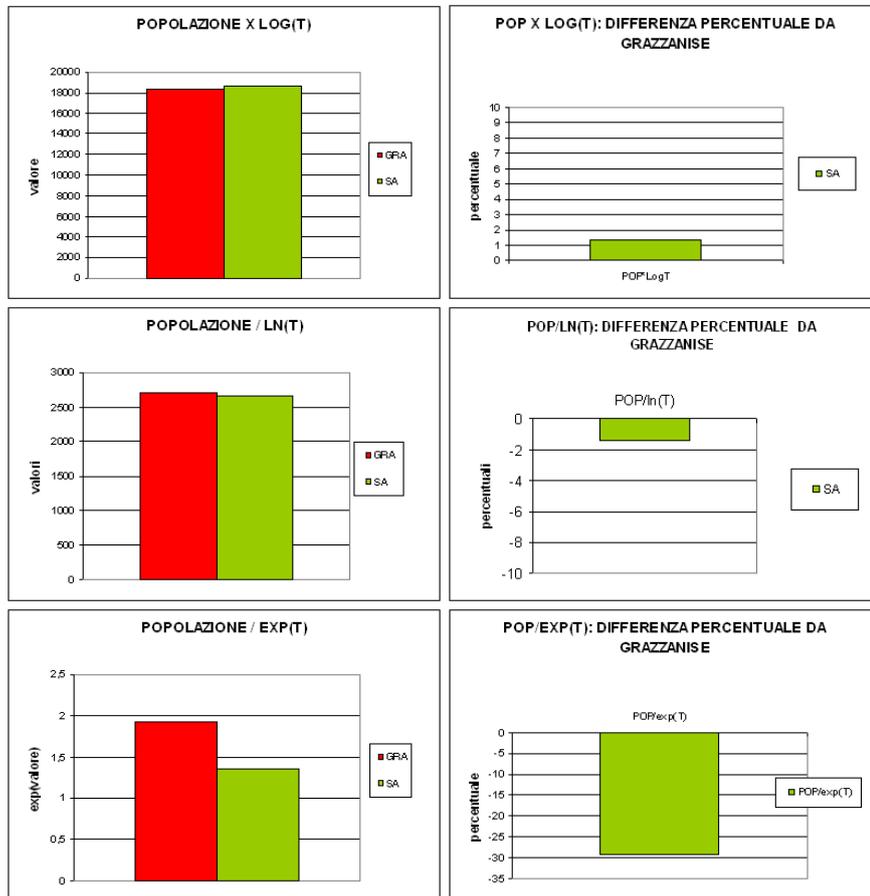


Figura 3.10 Indicatori composti (popxt e pop/t): trasformazioni del tempo logaritmiche ed esponenziali con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.

CARTE TEMATICHE INDICATORI COMPOSTI

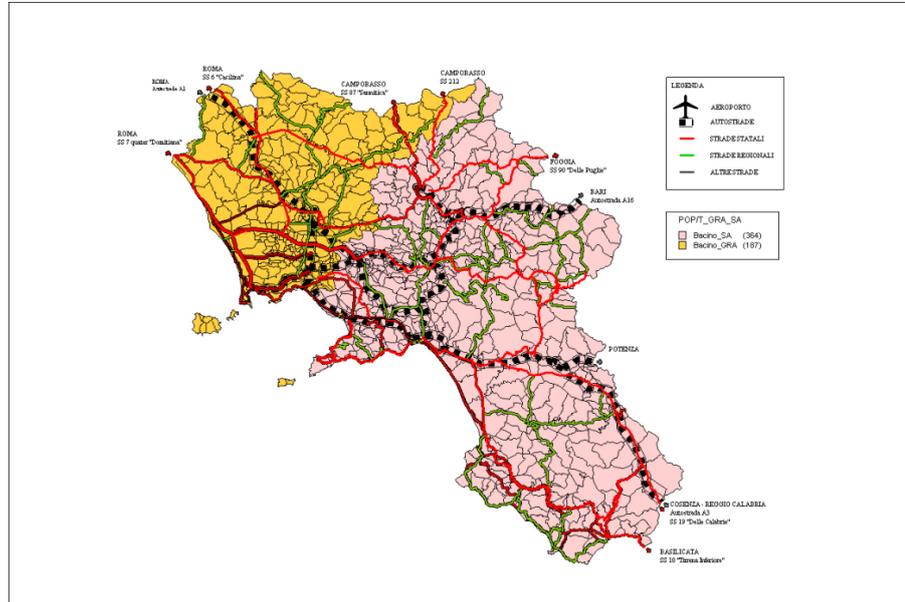
Nella sezione dedicata alle carte tematiche relative agli indicatori composti, relativi ai due scali della Campania messi a confronti, costruiti con attributi di livello di servizio combinati in vario modo con attributi del territorio e di tipo socio-economico.

Saranno evidenziate, in particolare, le differenze tra gli indicatori in uno scenario di competizione a due aeroporti, i valori dell'indicatore in se, in questo caso, non hanno una interpretazione immediata, mentre le aree di prevalenza permettono una immediata valutazione di performance degli scali considerati. Le analisi più di dettaglio, come l'individuazione delle aree di incertezza tra i due scali sono stati svolti esclusivamente sulla base degli indicatori più significativi e immediatamente percepiti dall'utenza quali i tempi di accesso in auto, i costi generalizzati e gli indicatori basati sui modelli di scelta, non saranno pertanto eseguite per gli indicatori composti.

Gli indicatori composti, per cui saranno rappresentate le aree di influenza prevalente degli aeroporti sono nell'ordine:

- 1) popolazione / tempo di accesso
- 2) popolazione x tempo di accesso
- 3) addetti / tempo
- 4) reddito x popolazione / tempo
- 5) costo generalizzato x tempo di accesso

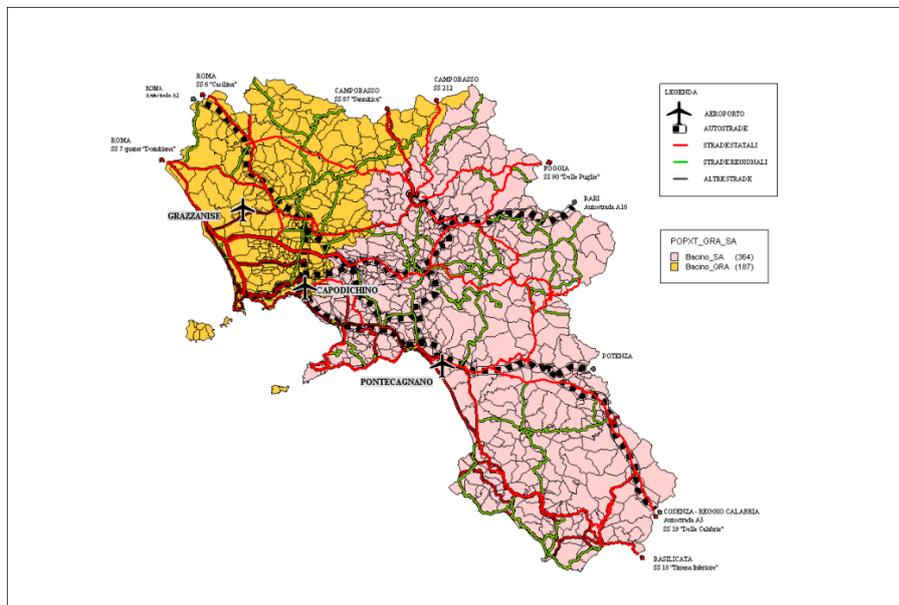
I comuni appartenenti alle aree di influenza dei due aeroporti sono evidenziati con gli stessi colori visti in precedenza per gli indicatori semplici, ovvero giallo oro e rosa rispettivamente per i bacini di Grazzanise e Salerno Costa d'Amalfi.



**Carta 5 Confronto per l'indicatore Popolazione / Tempo verso Grazzanise e verso Salerno C. Amalfi.
Suddivisione in bacini di appartenenza su base comunale.**

Commento alla carta

I comuni campiti con il colore rosa appartenenti al bacino di Salerno – Costa d'Amalfi (364) comprendono tutta le provincia di Salerno, quella di Avellino e parte di quelle di Napoli e Benevento. L' area di influenza dello scalo di Grazzanise comprende tutta la provincia di Caserta, parte di quella di Benevento e parte di quella di Napoli (187 comuni).

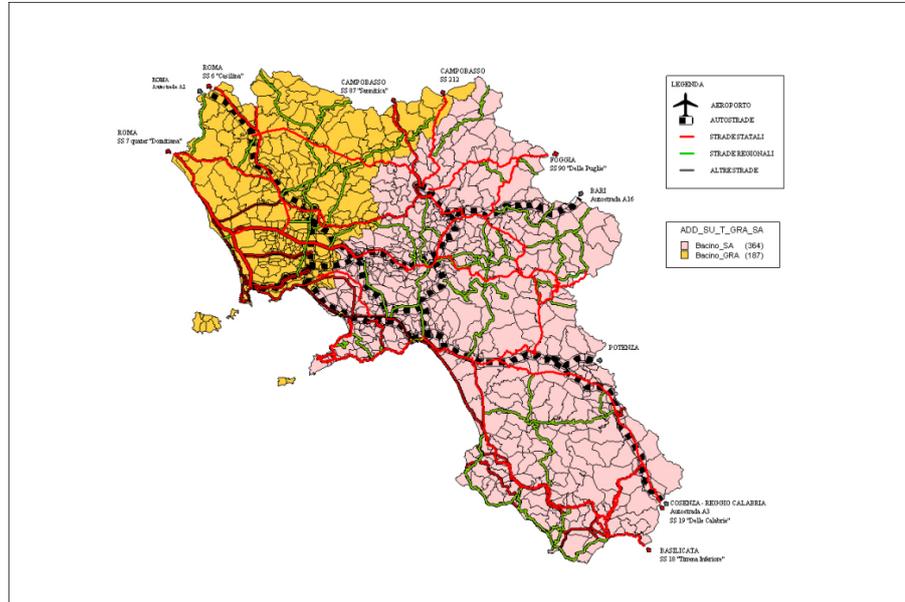


Carta 6 Confronto per l'indicatore Popolazione x Tempo verso Grazzanise e verso Salerno C. Amalfi. Suddivisione in bacini di appartenenza su base comunale.

Commento alla carta

I comuni campiti con il colore rosa appartenenti al bacino di Salerno – Costa d'Amalfi (364) comprendono tutta le provincia di Salerno, quella di Avellino e parte di quelle di Napoli e Benevento. L' area di influenza dello scalo di Grazzanise comprende tutta la provincia di Caserta, parte di quella di Benevento e parte di quella di Napoli (187 comuni).

La competizione tra i due aeroporti è favorevole allo scalo salernitano, per l'influenza esclusiva sui comuni a sud di Napoli.

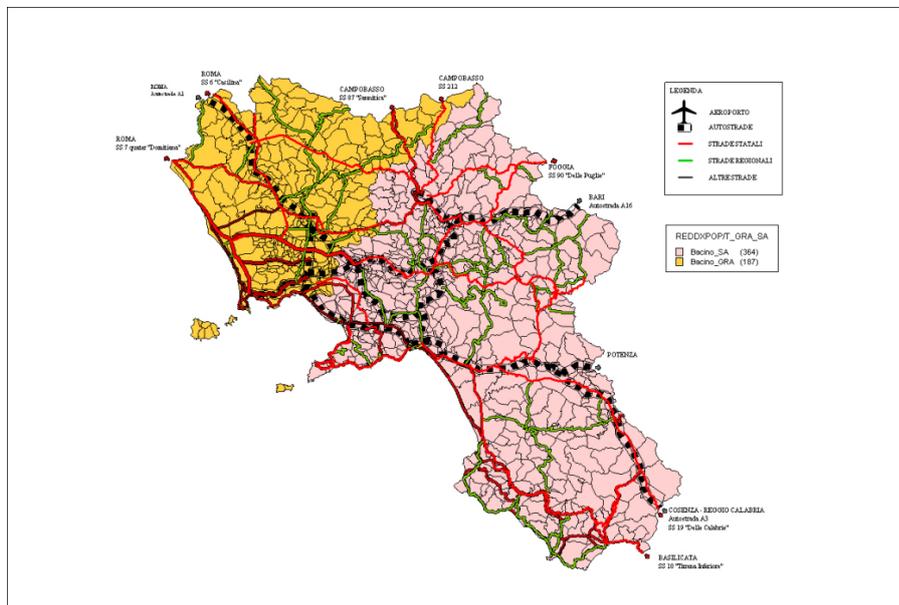


**Carta 7 Confronto per l'indicatore Addetti / Tempo verso Grazzanise e verso Salerno C. Amalfi.
Suddivisione in bacini di appartenenza su base comunale.**

Commento alla carta

I comuni campiti con il colore rosa appartenenti al bacino di Salerno – Costa d'Amalfi (364) comprendono tutta le provincia di Salerno, quella di Avellino e parte di quelle di Napoli e Benevento. L' area di influenza dello scalo di Grazzanise comprende tutta la provincia di Caserta, parte di quella di Benevento e parte di quella di Napoli (187 comuni).

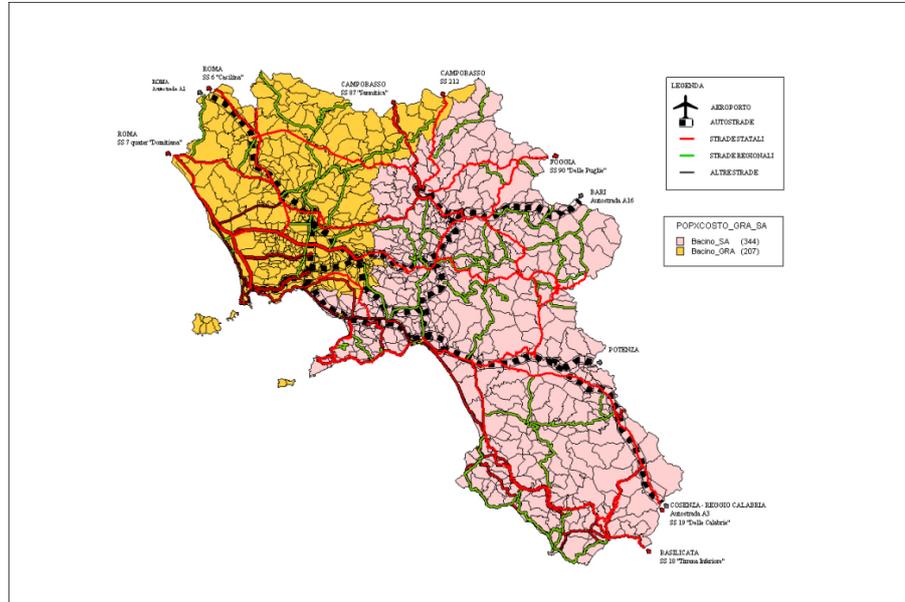
La competizione tra i due aeroporti è favorevole allo scalo salernitano e rispecchia sostanzialmente quella osservata per gli altri indicatori composti in cui compare la variabile tempo di accesso.



Carta 8 Confronto per l'indicatore Reddito medio x Popolazione / Tempo verso Grazzanise e verso Salerno C. Amalfi. Suddivisione in bacini di appartenenza su base comunale.

Commento alla carta

I comuni campiti con il colore rosa appartenenti al bacino di Salerno – Costa d'Amalfi (364) comprendono tutta le provincia di Salerno, quella di Avellino e parte di quelle di Napoli e Benevento. L' area di influenza dello scalo di Grazzanise comprende tutta la provincia di Caserta, parte di quella di Benevento e parte di quella di Napoli (187 comuni). Non ci sono differenze rispetto all'indicatore popolazione /tempo.



Carta 9 Confronto per l'indicatore Costo x Popolazione verso Grazzanise e verso Salerno C. Amalfi.
Suddivisione in bacini di appartenenza su base comunale.

Commento alla carta

I comuni campiti con il colore rosa appartenenti al bacino di Salerno – Costa d'Amalfi (344) comprendono tutta le provincia di Salerno, quella di Avellino e parte di quelle di Napoli e Benevento. L' area di influenza dello scalo di Grazzanise comprende tutta la provincia di Caserta, buona parte di quella di Benevento e parte di quella di Napoli (207 comuni). La competizione tra i due aeroporti è favorevole allo scalo salernitano se si considera il numero dei comuni, più incerta se si considera la popolazione residente

3.3.4 Analisi della competizione – utilità sistematica, probabilità di scelta

La comprensione di queste misure non è immediata ma gli indicatori sono molto realistici e quindi ideali anche per ipotizzare scenari futuri, in quanto l'utilità associata ad una scelta è fortemente percepita dagli utenti. I tipi di misura elencati sono stati effettuati a partire da unità elementari, che in questo caso sono rappresentate dai 551 comuni della Regione Campania, le osservazioni sui risultati ottenuti saranno però concentrate soprattutto sugli indicatori di tipo aggregato, come la sommatoria dei singoli contributi e, in modo particolare, i valori medi pesati assunti dall'indicatore. La valutazione disaggregata dei risultati sarà quasi del tutto rimandata alla consultazione delle mappe tematiche di accessibilità.

Dati statistici.

Sono stati analizzate e confrontate le funzioni di utilità sistematiche verso ciascuno dei due aeroporti considerati calcolate a partire dai 551 comuni della Campania.

I valori numerici risultano sempre negativi, come previsto, in quanto ad ogni spostamento elementare è associato un costo di spostamento e quindi una disutilità.

I primi dati statistici ottenuti per un confronto immediato con altri indicatori sono i seguenti:

Grazzanise: utilità massima associata all'accesso all'aeroporto -1.7 (Grazzanise - Ce), utilità minima -63.8 (Casaletto Spartano – Sa), utilità media -29.9 per i comuni campani.

Salerno: utilità massima associata all'accesso all'aeroporto -2.8 (Pontecagnano Faiano – Sa), utilità massima -58.8 (Monte di Procida – Na), utilità media -26.5 per i comuni campani.

Le funzioni di utilità sistematica sono definite come segue, in accordo con il modello MNLD[2] definito nella pubblicazione (de Luca, 2012) presa come riferimento (cfr. cap.2):

- $V_{mnld}[2] = (\beta_1 * Afare) + (\beta_2 * Freq) + (\beta_3 * ACCTBox Cox)$
- $ACCTBox Cox = (T^{0,8} - 1) / 0,8$

Afare = tariffa media per gli spostamenti aerei (1.83 Grazzanise; 1,01 Salerno C. Amalfi)

Freq = frequenza giornaliera dei voli (3 Grazzanise; 1 Salerno C. Amalfi)

Elaborazioni aggregate.

I confronti sugli indicatori aggregati sono stati eseguiti in particolare sul valore medio della funzione di utilità sistematica rispetto ai comuni, ai residenti, agli addetti e alle unità locali della Regione Campania.

Per un immediato riscontro delle performance relative, sono stati analizzati inoltre le variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto ad un riferimento che è individuato sempre in Grazzanise.

In tab. 3.12 sono indicati i valori medi delle utilità sistematiche e dell'utilità inclusiva verso i due terminali di trasporto aereo della Campania, rispettivamente pesati rispetto ai comuni, rispetto alla popolazione residente, rispetto alla popolazione residente ed al reddito e rispetto agli addetti e le unità locali.

In tab. 3.13 sono elencati i valori delle probabilità di scelta dei terminali aeroportuali oggetto di indagine pesati per i residenti, gli addetti e le unità locali.

In fig. 3.11 sono riportati i grafici 1, 2 relativi ai valori assunti dalla funzione di utilità sistematica per gli spostamenti dai comuni campani verso i terminali aeroportuali ed alle differenze percentuali rispetto a Grazzanise per lo scalo salernitano ed i grafici 3,4 relativi alle probabilità di scelta pesate per gli scali aeroportuali oggetto di studio.

Tabella 3.12 Utilità sistematiche ed inclusive medie pesate

Aeroporto	Grazzanise	Salerno	Logsum
V_Media (per comune)	-29.9	-26.5	-22.8
V_Media (per residente)	-23.5	-24.0	-18.8
V_Media (per residente e reddito)	-23.4	-23.5	-18.6
V_Media (per addetti)	-22.9	-22.9	-18.2
V_Media (per unità locali)	-24.1	-23.5	-18.9

Tabella 3.13 Probabilità di scelta pesate (Multinomial Logit)

Aeroporto	Grazzanise	Salerno
Prob. (per residente)	57.4	42.6
Prob. (per addetti)	60.0	40.0
Prob. (per unità locali)	54.3	45.7

Dall'esame dei valori in tab. 3.12 si evince che i valori delle utilità sono, come valore assoluto, confrontabili con i costi generalizzati, anche se con i segni negativi, le utilità inclusive hanno valori decisamente migliori, a conferma della buona complementarità del sistema aeroportuale studiato.

Dall'esame del grafico 2 in fig. 3.11 si evince che le utilità medie per i comuni relative allo scalo salernitano sono minori in modulo di circa il 12% e quindi più vantaggiose rispetto a Grazzanise; se si considera il valore mediato sui residenti, che fornisce una misura più rispondente alla situazione reale, la situazione si inverte con l'aeroporto di Salerno Costa d'Amalfi meno performante rispetto a Grazzanise di circa il 2,5%, le differenze si annullano quasi del tutto se si considera il valore pesato su residenti e reddito ed il valore pesato dell'indicatore sugli addetti. Il valore medio pesato sulle unità locali indica una performance migliore dello scalo salernitano di circa il 3%.

Le probabilità di scelta per i residenti campani, calcolate con il modello multinomial logit, sono del 57,4% per Grazzanise e del 42,6% per Salerno Costa d'Amalfi; per gli addetti le percentuali sono rispettivamente il 60% ed il 40%, mentre per le unità locali sono rispettivamente il 54,3% ed il 45,7%.

Le differenze di share sono inferiori per lo scalo salernitano rispetto a Grazzanise rispettivamente del 15% per i residenti, del 20% per gli addetti e dell' 8% circa per le unità locali.

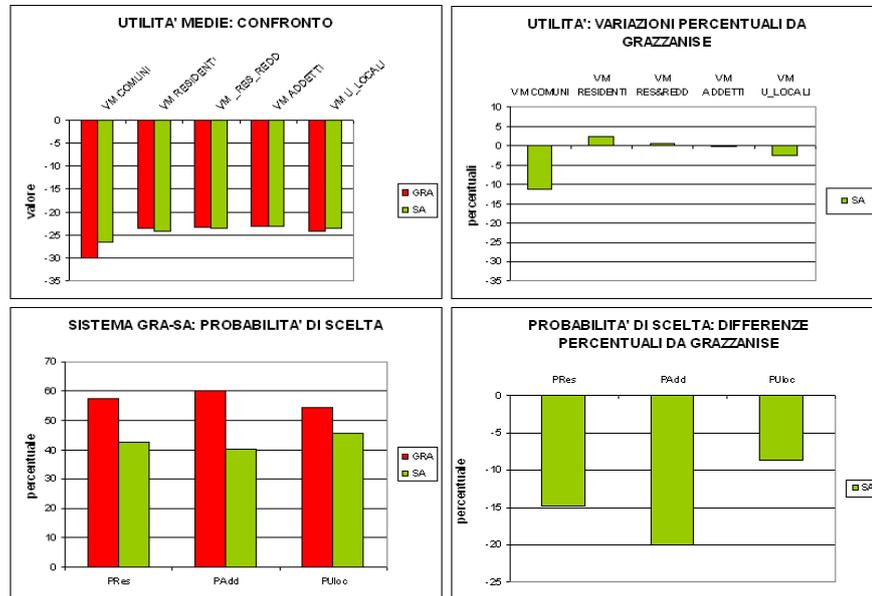


Figura 3.11 Utilità sistematiche, utilità inclusive e probabilità di scelta pesate con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.

Soglie.

Per ciascuno degli aeroporti oggetto di studio confrontati sulla base dei modelli scelta comportamentale sono stati calcolati degli indicatori di accessibilità a soglia rappresentati dal numero di comuni, dal numero di residenti, dal numero di addetti e dal numero di unità locali compresi all'interno di soglie di utilità sistematica con intervalli progressivi di 10, i valori delle utilità, pur negativi, sono considerati in modulo per un immediato confronto con altri indicatori di accessibilità, in particolare con i costi generalizzati a cui sono per molteplici aspetti simili.

In particolare, per gli aeroporti messi a confronto, risultano i valori riportati nelle tabelle 3.14. e 3.15.

Eseguendo una zonizzazione a scala comunale del territorio regionale sulla base delle soglie di utilità sistematica associata allo spostamento verso gli aeroporti oggetto di studio si riscontrano i seguenti risultati: con valori in modulo delle utilità minori di 10, gli aeroporti di Grazzanise e Salerno sono raggiungibili rispettivamente da 16 e 10 comuni con una popolazione complessiva di 215,000 e 326,000 residenti nella Regione.

Nella soglia di utilità intermedia, ovvero con valori minori di 30, Grazzanise e Salerno Costa d'Amalfi sono raggiungibili rispettivamente dal 75% e da quasi il 90% dei residenti campani (fig. 3.12 grafico 6).

Nelle soglie di utilità superiori al valore di 40 si trovano meno di 450,000 persone (Grazzanise) su un totale di quasi 6 milioni. La quota di abitanti che deve superare il valore di soglia di utilità 50 per accedere ai terminali di trasporto aereo è di circa 130,000 abitanti per Salerno Costa d'Amalfi.

In figura 3.12. sono riportati i grafici dei valori cumulati e delle percentuali cumulate relativi rispettivamente al numero di comuni, al numero di residenti ed al numero di addetti e di unità locali compresi all'interno delle soglie di utilità sistematica sopra definite.

Tabella 3.14 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di utilità sistematica per Grazzanise

GRAZZANISE	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 10	16	215406	22065	9422
SOGLIA 20	121	2731418	494069	138543
SOGLIA 30	275	4393318	746557	232311
SOGLIA 40	430	5395620	887184	285005
SOGLIA 50	526	5783969	947381	309042
SOGLIA 60	551	5834056	952988	312272
SOGLIA >60	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.15 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di utilità sistematica per Salerno Costa d'Amalfi

SALERNO C. AMALFI	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 10	10	325546	69946	22018
SOGLIA 20	100	1238318	216516	70050
SOGLIA 30	409	5068985	860593	273719
SOGLIA 40	521	5669388	930527	302694
SOGLIA 50	539	5705095	933894	304919
SOGLIA 60	551	5834056	952988	312272
SOGLIA >60	551	5834056	952988	312272

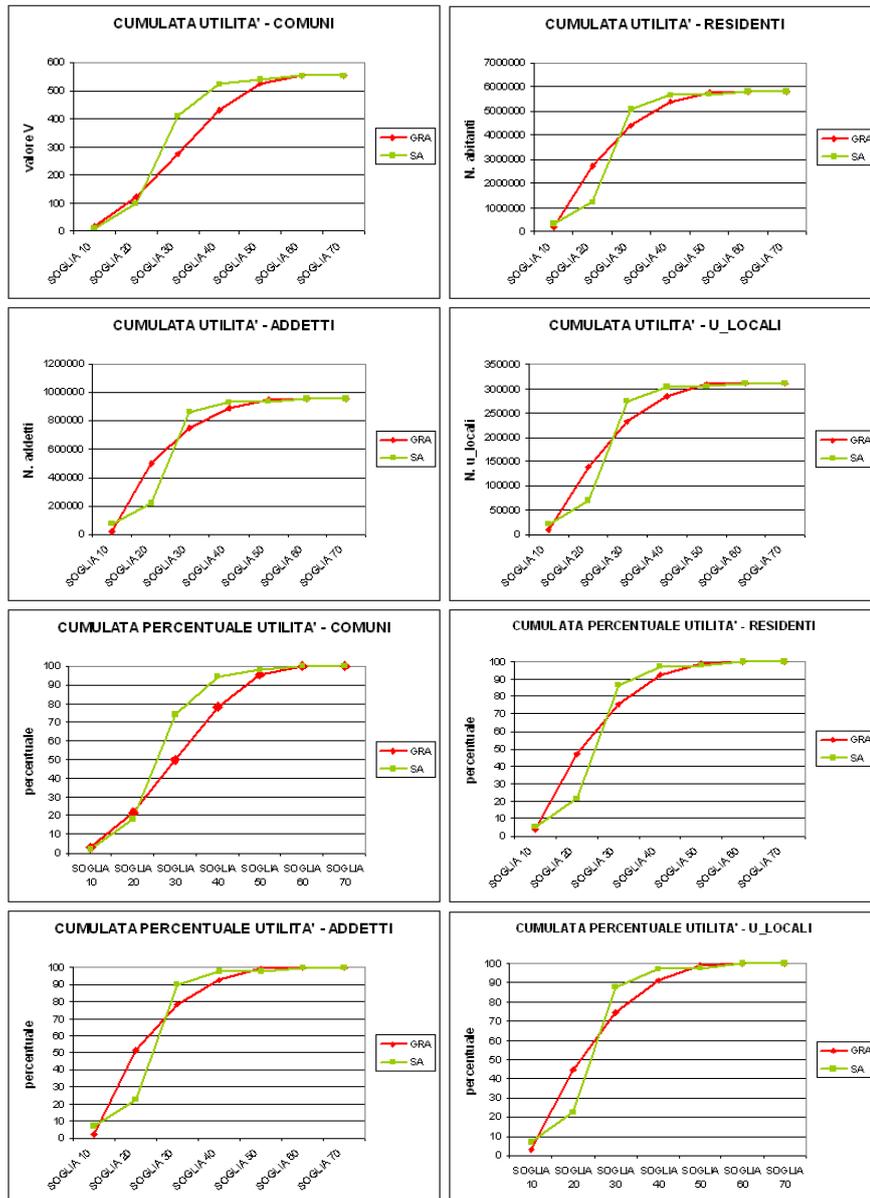


Figura 3.12 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili nelle varie soglie di utilità sistematica (i valori delle utilità sono sempre negativi).

CARTE TEMATICHE INDICATORI UTILITÀ

Nella sezione dedicata alle carte tematiche relative agli indicatori costruiti sulla base dei modelli di scelta e applicati ai due scali della Campania messi a confronto, saranno evidenziati:

- a) Gli intervalli di utilità sistematica con segno invertito per l'accesso verso i due scali
- b) gli intervalli di probabilità di scelta dei due scali

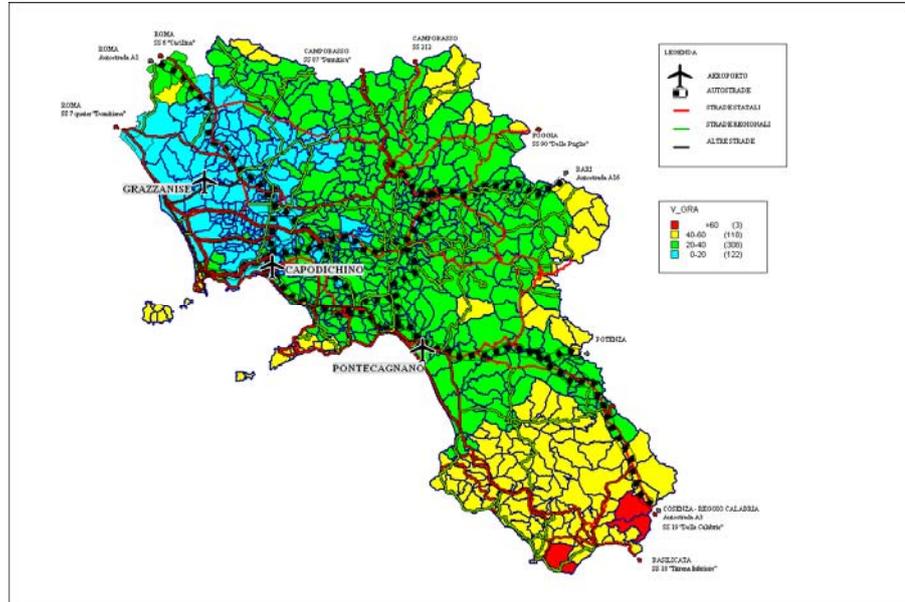
Gli intervalli sono specificati nella legenda al margine della carta, la scala cromatica parte dai colori più “freddi” (azzurro, celeste) che corrispondono ai valori più bassi ed arriva ai colori più “caldi” (arancio, rosso) che corrispondono ai valori più alti dell'indicatore.

Nelle carte delle probabilità di scelta, al fine di evidenziare il fatto che nell'intervallo compreso tra 0% e 20%, molti comuni hanno in realtà probabilità estremamente basse, è stato utilizzato un colore neutro come il grigio.

Si ricorda, inoltre, che per utilità sistematica si intende una combinazione lineare di tempi di viaggio, di tariffa aerea e frequenza giornaliera, opportunamente pesati tramite dei coefficienti calibrati sulla scelta di un campione significativo di utenti.

Le utilità sistematiche sono calcolate per uno spostamento singolo, solo in andata verso l'aeroporto dal comune considerato.

Gli intervalli scelti per la rappresentazione sono più ampi di quelli scelti per le funzioni di opportunità per una migliore leggibilità della carta e poiché, non trattandosi di un'analisi numerica, non è stata condotta un'indagine più dettagliata.



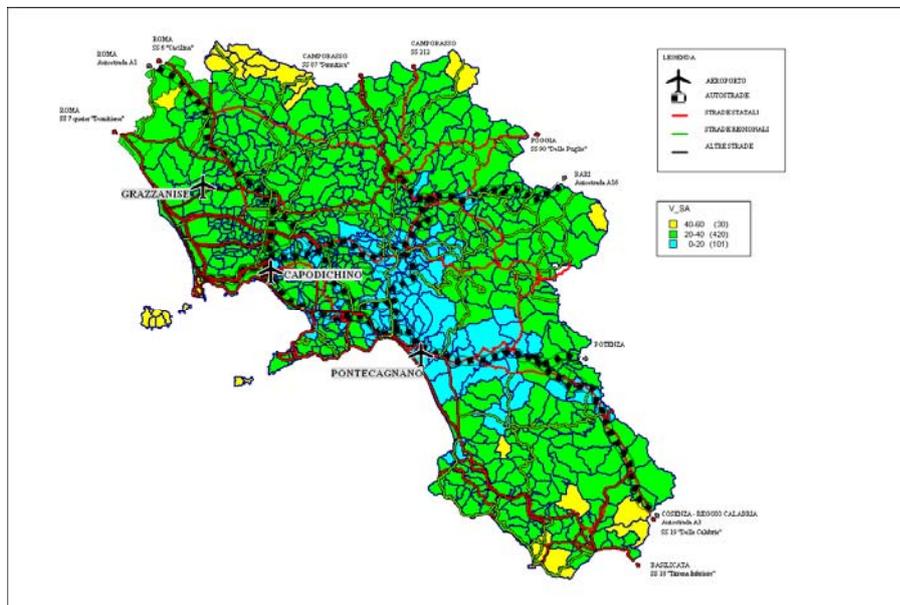
Carta 10 Intervalli di utilità (con segno invertito) verso lo scalo di Grazzanise a partire dai comuni della Campania.

Commento alla carta

I comuni da cui si può raggiungere l'Aeroporto di Grazzanise in auto con valori di utilità sistematica inferiori in modulo a 20 (la funzione di utilità in questo caso è sempre negativa) sono compresi in una vasta fascia di territorio che include il Capoluogo regionale ed altre 121 municipalità; l'area include la provincia di Caserta, parte di quella di Napoli e qualche comune del beneventano.

Con valori di utilità in modulo non superiori a 40 è possibile andare verso lo scalo casertano da buona parte dei comuni della Campania, eccetto il Cilento e le estreme propagini della regione.

Valori superiori in modulo a 60 dell'utilità sistematica sono riscontrati solo agli estremi limiti meridionali della regione.

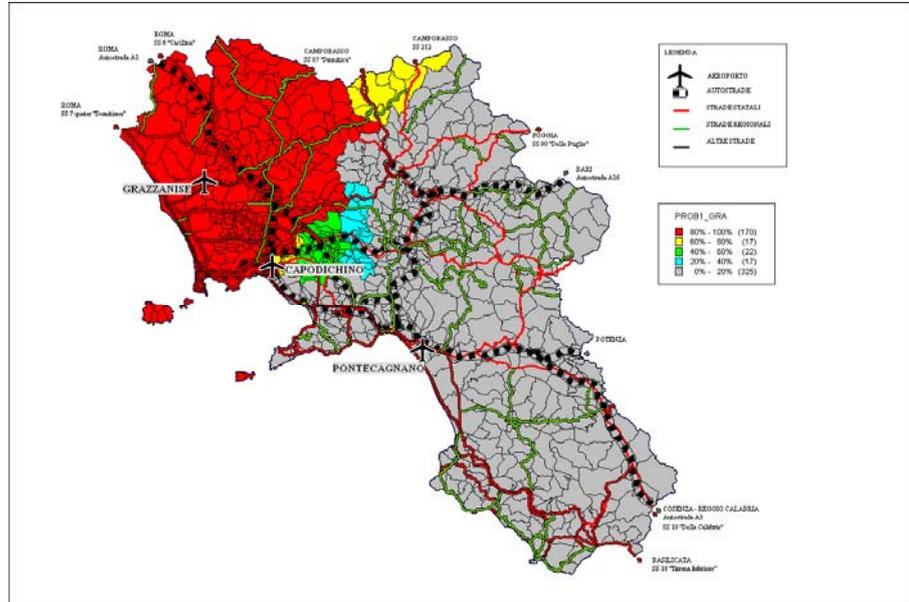


Carta 11 Intervalli di utilità (con segno invertito) verso lo scalo di Salerno C. Amalfi a partire dai comuni della Campania.

Commento alla carta

I comuni da cui si può raggiungere l'Aeroporto di Salerno in auto con valori di utilità sistematica inferiori in modulo a 20 (la funzione di utilità in questo caso è sempre negativa) sono compresi in una fascia di territorio che include parte delle provincie di Salerno e di Napoli e qualche comune dell'avellinese, per un totale di 101 municipalità.

Con valori di utilità in modulo non superiori a 40 è possibile andare verso lo scalo salernitano da quasi tutti i comuni della Campania esclusi quelli dell'arcipelago campano e quelli posti agli estremi della Regione.



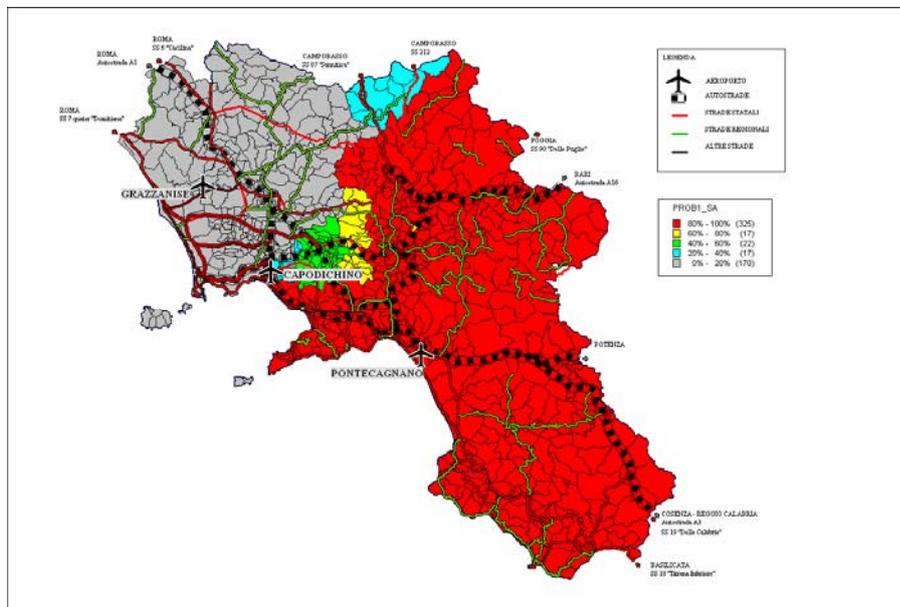
Carta 12 Probabilità di scelta delle scalo di Grazzanise a partire dai comuni della Campania.

Commento alla carta

I comuni i cui abitanti hanno una elevata probabilità di scegliere l'Aeroporto di Grazzanise, nello scenario di competizione ipotizzato, sono compresi in una vasta fascia di territorio che include il Capoluogo regionale ed altre 169 municipalità; l'area include la provincia di Caserta, parte di quella di Napoli e parte del beneventano.

I comuni i cui abitanti si trovano ad avere un vasto intervallo di probabilità di scelta, compresa tra 20% e 80%, sono in tutto 56 e sono ubicati nella parte centrale e centro-settentrionale della Regione.

I residenti nei restanti comuni hanno probabilità di scelta inferiori al 20%.



Carta 13 Probabilità di scelta delle scalo di Salerno C. Amalfi a partire dai comuni della Campania.

Commento alla carta

I comuni i cui abitanti hanno una elevata probabilità di scegliere l'Aeroporto di Salerno, nello scenario di competizione ipotizzato, sono compresi in una vasta fascia di territorio che include tutta la provincia di Salerno e di Avellino, parte di quella di Napoli e qualche comune del beneventano, per un totale di 325 municipalità.

I comuni i cui abitanti si trovano ad avere un vasto intervallo di probabilità di scelta, compresa tra 20% e 80%, sono in tutto 56 e sono ubicati nella parte centrale e centro-settentrionale della Regione.

I residenti nei restanti comuni hanno probabilità di scelta inferiori al 20%.

3.3.5 Indicatori di accessibilità per la determinazione dei bacini di influenza degli aeroporti

Analisi sulla base dei tempi di accesso

Sulla base dei dati raccolti, relativi alle soglie temporali di accesso per ciascuno dei due aeroporti oggetto di confronto, è stato condotto uno studio di competizione, suddividendo il territorio regionale in diversi ambiti in cui, alla scala comunale, sono state attribuite delle prevalenze sulla scelta dell'aeroporto. Nella competizione tra i due aeroporti, sono stati individuati tre scenari possibili: la prevalenza del primo aeroporto, la prevalenza del secondo ed una fascia di incertezza, questa ultima parte di utenza può essere contesa e rappresenta il bacino che può essere attribuito sulla base di politiche concorrenziali tra i tre scali.

La procedura di analisi della competizione è la seguente:

- 1- analisi dei tempi di arrivo a Grazzanise meno i tempi di arrivo a Salerno Costa d'Amalfi;
- 2- costruzione di tabelle in cui sono quantificate le opportunità (numero di comuni, residenti, addetti e unità locali) appartenenti all'area di influenza dell'Aeroporto di Grazzanise, all'area di influenza di Salerno C. Amalfi e alla fascia di incertezza o di competizione tra i due scali, in cui la differenza di tempo di arrivo è compresa tra [- 10 min - + 10 min].

Si rimanda alla consultazione della cartografia tematica per la rappresentazione dettagliata alla scala comunale delle tre aree sopra definite, nella presente analisi si tiene conto solo dei valori numerici relativi alle opportunità presenti nelle rispettive zone di influenza.

Si suddivide pertanto il territorio regionale in tre aree di influenza principali:

- 1- Zona di influenza esclusiva di Grazzanise
- 2- Zona di influenza esclusiva di Salerno – Costa d'Amalfi
- 3- Area di competizione

In tab. 3.16 è riportata la suddivisione dei bacini definiti sopra in base al numero dei comuni compresi, alla popolazione interessata, al numero di

Tabella 3.16 Numero di opportunità appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (tempi di accesso)

	N_COMUNI	POP	ADD	U_LOC
GRA	153	2953872	525819	150650
COMP	85	768710	92638	38735
SA	313	2111474	334531	122887
TOT	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.17 Opportunità percentuali appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (tempi di accesso)

	N_COMUNI	POP	ADD	U_LOC
GRA	27.8	50.6	55.2	48.2
COMP	15.4	13.2	9.7	12.4
SA	56.8	36.2	35.1	39.4
TOT	100	100	100	100

addetti ed unità locali che gravitano nelle rispettive aree di influenza, in tab. 3.17. è riportata la suddivisione percentuale nei bacini sopra definiti delle stesse opportunità menzionate sopra.

Nel bacino di Grazzanise rientrano 153 comuni e oltre 295,000 abitanti mentre nell'area di influenza dell'aeroporto salernitano gravitano ben 313 comuni e oltre 2,1 milioni di residenti. Il numero di addetti ricadenti nelle aree di influenza dei singoli aeroporti vede una netta prevalenza di Grazzanise con oltre il 55% del totale.

Nell'area definita "di competizione" gravitano 85 comuni con quasi 770,000 abitanti, oltre 38,700 unità locali e più di 92,600 addetti.

In figura 3.13 sono riportati i grafici relativi alla suddivisione del territorio regionale nei bacini sopra definiti, distinti per numero di comuni, popolazione residente, attività produttive e numero di addetti, oltre alla suddivisione percentuale delle opportunità per bacini di influenza.

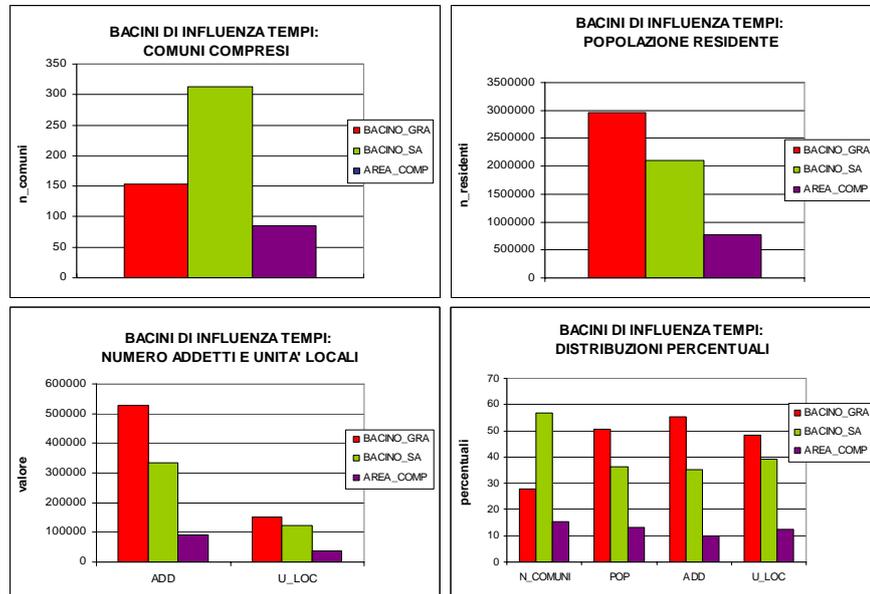


Figura 3.13 Distribuzione delle opportunità tra i vari bacini sulla base dei tempi di viaggio

Analisi sulla base dei costi generalizzati di accesso

Sulla base dei costi generalizzati di accesso è stata condotta una analisi sui bacini di influenza dei due aeroporti considerati. Nei comuni in cui la differenza di costo tra le scelte possibili era sempre superiore o uguale ai tre euro la scelta è stata considerata esclusiva verso uno dei due scali.

Per differenze di costo complessivo inferiori ai 3 euro la scelta del terminale di trasporto aereo è stata definita incerta.

L'analisi è stata condotta seguendo la stessa procedura logica utilizzata per i tempi di accesso e spiegata punto per punto al paragrafo precedente, ovvero valutando uno scenario di competizione discreto a due aeroporti.

Sulla base delle premesse descritte sono state individuate due aree di influenza per ciascuno degli scali più un'area di competizione in cui la scelta può essere determinata dall'offerta di servizi propria del singolo scalo.

In tab. 3.18 è riportata la suddivisione dei bacini definiti sopra in base al numero dei comuni compresi, alla popolazione interessata, al numero di addetti ed unità locali che gravitano nelle rispettive aree di influenza, in

tab. 3.19 è riportata la relativa suddivisione percentuale delle opportunità elencate in precedenza.

Tabella 3.18 Numero di opportunità appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (costi generalizzati)

	N_COMUNI	POP	ADD	U_LOC
GRA	158	2998979	530184	152648
COMP	61	609545	76162	31690
SA	332	2225532	346642	127934
TOT	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.19 Opportunità percentuali appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (costi generalizzati)

	N_COMUNI	POP	ADD	U_LOC
GRA	28.7	51.4	55.6	48.9
COMP	11.1	10.4	8	10.1
SA	60.3	38.1	36.4	41
TOT	100	100	100	100

Nel bacino di Grazzanise, sulla base dei costi generalizzati, rientrano 158 comuni e quasi 3 milioni di abitanti mentre nell'area di influenza dell'aeroporto salernitano gravitano ben 332 comuni e oltre 2,2 milioni di residenti. Il numero di addetti ricadenti nelle aree di influenza dei singoli aeroporti vede una netta prevalenza di Grazzanise con oltre il 55% del totale.

Nell'area definita "di competizione" gravitano 61 comuni con quasi 610,000 abitanti, circa 31,700 unità locali e quasi 76,200 addetti.

In figura 3.14 sono riportati i grafici relativi alla suddivisione del territorio regionale nei bacini sopra definiti, distinti per numero di comuni, popolazione residente, attività produttive e numero di addetti, oltre alla suddivisione percentuale delle opportunità per bacini di influenza.

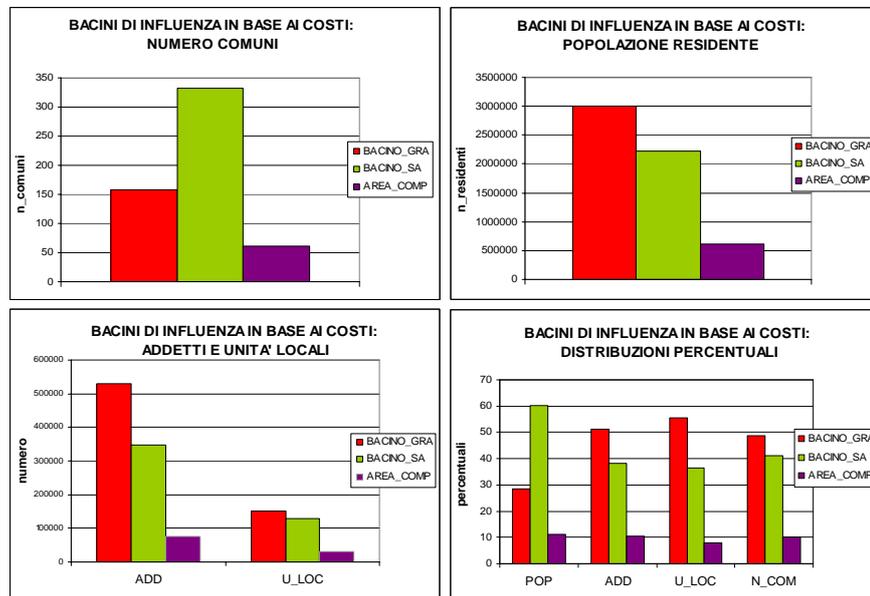


Figura 3.14 Distribuzione delle opportunità tra i vari bacini sulla base dei costi generalizzati

Analisi sulla base delle utilità sistematiche

Sulla base dei valori delle utilità sistematiche è stata condotta una analisi sui bacini di influenza dei due aeroporti considerati. Nei comuni in cui la differenza di valore assunto dalla funzione di utilità tra le scelte possibili era sempre superiore o uguale a tre, la scelta è stata considerata esclusiva verso uno dei due scali.

Per differenze di valori inferiori a tre, la scelta del terminale di trasporto aereo è stata definita incerta.

L'analisi è stata condotta seguendo la stessa procedura logica utilizzata per gli altri indicatori e spiegata per i tempi di accesso, ovvero valutando uno scenario di competizione discreto a due aeroporti.

Sulla base delle premesse descritte sono state individuate due aree di influenza per ciascuno degli scali più un'area di competizione in cui la scelta può essere determinata dall'offerta di servizi propria del singolo scalo.

In tab. 3.20 è riportata la suddivisione dei bacini definiti sopra in base al numero dei comuni compresi, alla popolazione interessata, al numero di addetti ed unità locali che gravitano nelle rispettive aree di influenza, in

tab. 3.21 è riportata la relativa suddivisione percentuale delle opportunità elencate in precedenza.

Tabella 3.20 Numero di opportunità appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (utilità sistematiche)

	N_COMUNI	POP	ADD	U_LOC
GRA	153	2953872	525819	150650
COMP	85	768710	92638	38735
SA	313	2111474	334531	122887
TOT	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.21 Opportunità percentuali appartenenti ai bacini di influenza dei tre aeroporti ed all'area di competizione (utilità sistematiche)

	N_COMUNI	POP	ADD	U_LOC
GRA	27.8	50.6	55.2	48.2
COMP	15.4	13.2	9.7	12.4
SA	56.8	36.2	35.1	39.4
TOT	100	100	100	100

Sulla base delle utilità sistematiche, nel bacino di Grazzanise rientrano 153 comuni e oltre 295,000 abitanti mentre nell'area di influenza dell'aeroporto salernitano gravitano ben 313 comuni e oltre 2,1 milioni di residenti. Il numero di addetti ricadenti nelle aree di influenza dei singoli aeroporti vede una netta prevalenza di Grazzanise con oltre il 55% del totale.

Nell'area definita "di competizione" gravitano 85 comuni con quasi 770,000 abitanti, oltre 38,700 unità locali e più di 92,600 addetti.

In figura 3.15 sono riportati i grafici relativi alla suddivisione del territorio regionale nei bacini sopra definiti, distinti per numero di comuni, popolazione residente, attività produttive e numero di addetti, oltre alla suddivisione percentuale delle opportunità per bacini di influenza.

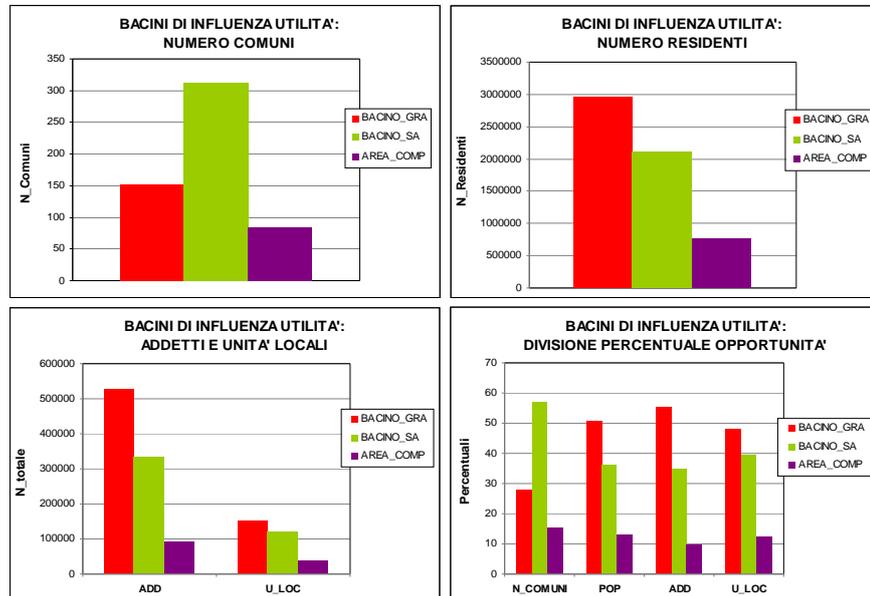


Figura 3.15 Distribuzione delle opportunità tra i vari bacini sulla base delle utilità sistematiche

In sede di confronto tra i bacini di influenza ottenuti tenendo conto dei tempi di accesso con quelli ottenuti considerando i costi generalizzati si riscontra una riduzione, nel secondo caso, delle aree definite di competizione, anche se i valori sono tra loro confrontabili.

Per quanto attiene il dimensionamento dei bacini sulla scorta delle funzioni di utilità sistematica, si riscontra una coincidenza assoluta con quanto riscontrato per i tempi di viaggio, questo è spiegabile sia perché è stata imposta una soglia di incertezza tale che la percentuale di comuni appartenente alla zona di competizione fosse stata il più possibile simile a quella dei tempi, sia perché i tempi di viaggio son l'attributo che incide di più nella formulazione dell'utilità sistematica.

In sede di commento è opportuno inoltre ricordare che le soglie di incertezza sulla base delle quali sono state definite le zone di competizione sono state scelte in base a parametri empirici, ottenuti sulla scorta di analisi bibliografiche di dettaglio e di indagini dirette nell'area di studio.

Il criterio di scelta è quello della massima sensibilità, ovvero le fasce di incertezza sono state individuate in modo tale che almeno una parte degli

utenti fossero sensibili a tali variazioni di tempi, di costi e di utilità; va inoltre considerato il fatto che mentre per gli incrementi dei tempi sono più sensibili gli utenti a reddito alto che si spostano per motivi di lavoro, per gli incrementi dei costi generalizzati sono più sensibili gli utenti a reddito medio-basso che si spostano per svago.

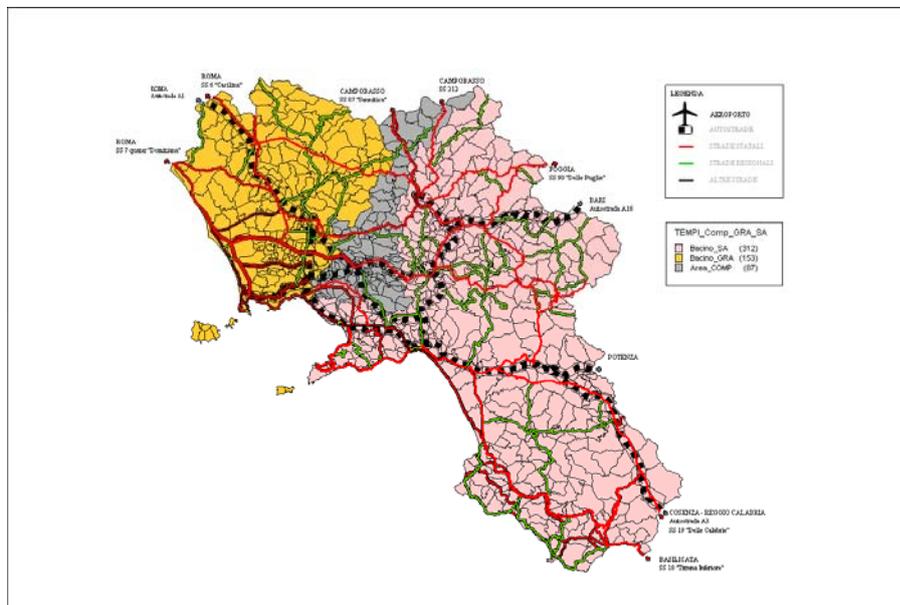
Il buon livello di confrontabilità dei bacini di influenza individuati mediante indicatori differenti conferma la validità delle soglie di incertezza utilizzate per le determinazioni quantitative.

CARTE TEMATICHE BACINI DI INFLUENZA

Nella sezione dedicata alle carte tematiche relative ai tempi di accesso in auto verso i due scali della Campania messi a confronto saranno evidenziati:

- a) Le aree di prevalenza di un aeroporto rispetto ad un altro (competizione a due)
- b) Le aree dette “di competizione” in cui nessuno degli scali è nettamente prevalente in uno scenario di competizione a due aeroporti.

I comuni appartenenti alle aree di influenza dei due aeroporti sono evidenziati con i colori giallo oro, rosa e grigio rispettivamente per i bacini di Grazzanise, Salerno Costa d'Amalfi e per l'Area di Competizione.



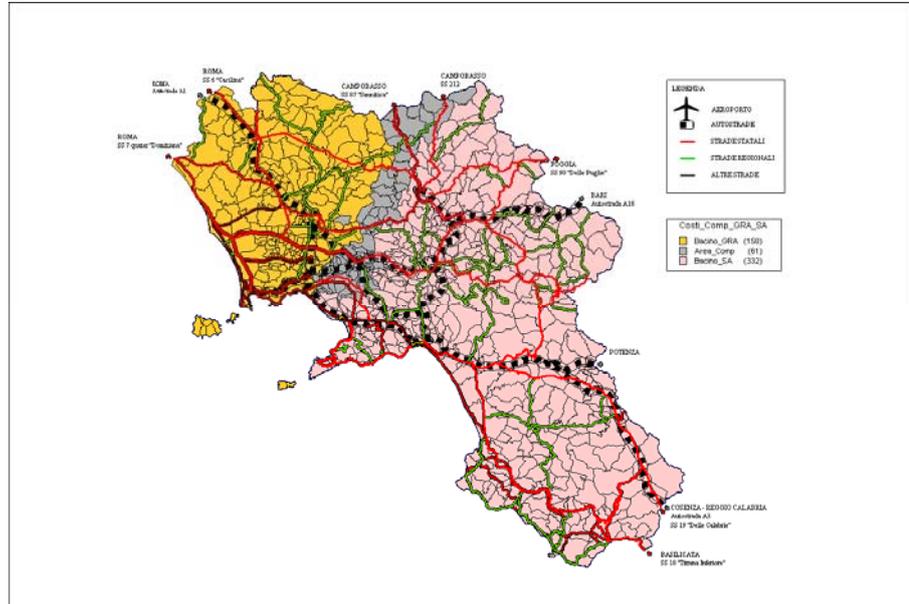
Carta 14 Confronto tra i tempi di viaggio verso Grazzanise e verso Salerno C. Amalfi. Suddivisione in bacini di appartenenza su base comunale.

Commento alla carta

I comuni campiti con il colore rosa appartenenti al bacino di Salerno – Costa d’Amalfi (312) comprendono tutta la provincia di Salerno, buona parte di quella di Avellino e parte di quella di Napoli. L’ area di influenza dello scalo di Grazzanise (153 comuni) comprende tutta la provincia di Caserta, buona parte di quella di Benevento e parte di quella di Napoli.

Tra le due aree di influenza si estende una fascia di comuni (87) che rappresentano l’area di competizione.

La competizione tra i due scali è equilibrata, soprattutto se si considera la popolazione residente: lo scalo salernitano prevale a sud ed ad est, lo scalo casertano prevale nella fascia settentrionale della Regione.



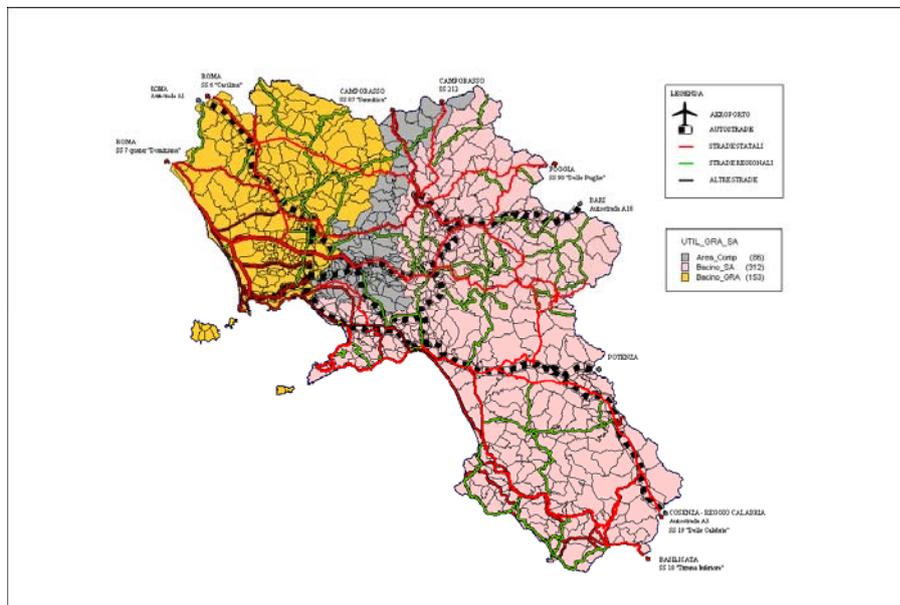
Carta 15 Confronto tra i costi generalizzati per gli spostamenti verso Grazzanise e verso Salerno C. Amalfi. Suddivisione in bacini di appartenenza su base comunale.

Commento alla carta

I comuni campiti con il colore rosa appartenenti al bacino di Salerno – Costa d’Amalfi (332) comprendono tutta le provincia di Salerno, quella di Avellino e parte di quella di Napoli. L’ area di influenza dello scalo di Grazzanise (158 comuni) comprende tutta la provincia di Caserta, buona parte di quella di Benevento e parte di quella di Napoli.

Tra le due aree di influenza si estende una fascia di comuni (61) che rappresentano l’area di competizione.

La competizione tra i due aeroporti è favorevole allo scalo salernitano, soprattutto se si considera il parallelo con la carta di competizione basata sui tempi: lo scalo salernitano è avvantaggiato dal fatto che le autostrade a sud di Salerno hanno accesso libero da pedaggio.



Carta 16 Confronto tra le utilità per gli spostamenti verso Grazzanise e verso Salerno C. Amalfi. Suddivisione in bacini di appartenenza su base comunale.

Commento alla carta

I comuni campiti con il colore rosa appartenenti al bacino di Salerno – Costa d’Amalfi (312) comprendono tutta la provincia di Salerno, quella di Avellino e parte di quella di Napoli. L’ area di influenza dello scalo di Grazzanise (153 comuni) comprende tutta la provincia di Caserta, buona parte di quella di Benevento e parte di quella di Napoli.

Tra le due aree di influenza si estende una fascia di comuni (86) che rappresentano l’area di competizione.

La competizione tra i due aeroporti è favorevole allo scalo salernitano, se si considera l’aspetto territoriale, il rapporto di forze si inverte se viene considerata la popolazione residente, l’area di competizione (86 comuni) ha un importanza rilevante.

3.4 SCENARIO 2: COMPETIZIONE GRAZZANISE – SALERNO COSTA D’AMALFI – NAPOLI

Nel secondo scenario immaginato, si tiene conto della presenza di Napoli Capodichino e ci si pone nella condizione di realizzare un aeroporto sulla base della sola competizione territoriale, si valuta, cioè, quale è la posizione più competitiva.

Sul territorio regionale sono considerate le due superfici principali già studiate nel precedente paragrafo, ovvero Grazzanise nella piana del Volturno-Garigliano e Pontecagnano nella piana del Sele.

Il confronto sarà eseguito considerando gli stessi indicatori di accessibilità analizzati nel paragrafo precedente.

3.4.1 Analisi della competizione – tempi di accesso

Dati statistici.

Sono stati analizzati e confrontati i tempi di accesso verso ciascuno dei tre aeroporti calcolati a partire dai 551 comuni della Campania.

I primi dati statistici ottenuti per un confronto immediato con altri indicatori sono i seguenti:

Napoli Capodichino: tempo minimo di accesso circa 15 min (Napoli), tempo massimo circa 3h e 40 min (Casaletto Spartano – Sa), tempo medio circa 1h e 40 min.

Grazzanise: tempo minimo di accesso circa 3 minuti (Grazzanise - Ce), tempo massimo circa 3h e 30 min (Casaletto Spartano – Sa), tempo medio di accesso dai comuni campani circa 1h e 20 min.

Salerno: tempo minimo di accesso circa 5 min (Pontecagnano Faiano – Sa), tempo massimo circa 3h e 10 min (Monte di Procida –Na), tempo medio di accesso dai comuni campani circa 1h e 10 min.

Elaborazioni aggregate.

I confronti sull'indicatore aggregato sono stati eseguiti in particolare sul valore medio del tempo di viaggio rispetto ai comuni, ai residenti, ai residenti con reddito, agli addetti ed alle unità locali della Regione Campania.

Per un immediato riscontro delle performance relative, sono stati analizzati inoltre le variazioni percentuali di Grazzanise e Salerno Costa

d'Amalfi rispetto ad un aeroporto di riferimento che è individuato sempre in Napoli Capodichino.

In tab. 3.22 sono riportati i valori medi pesati dei tempi di viaggio rispetto alle diverse opportunità sopra definite ed in fig. sono riportati i confronti grafici dell'indicatore relativi ai tre aeroporti oggetto di studio oltre alle variazioni percentuali dei tempi medi pesati verso Grazzanise e Salerno C. Amalfi rispetto a Capodichino.

Gli indicatori che esprimono le medie pesate sono calcolati come al paragrafo precedente.

Tabella 3.22 Tempi medi di accesso pesati

Aeroporto	Napoli (min)	Grazzanise (min)	Salerno (min)
T_Medi_Accesso (per comune)	104.1	83.1	71.2
T_Medi_Accesso (per residente)	70.0	61.6	63.3
T_Medi_Accesso (per residente e reddito)	67.7	61.4	61.9
T_Medi_Accesso (per addetti)	62.1	59.9	59.8
T_Medi_Accesso (per unità locali)	70.4	63.8	61.8

Dai dati in tabella, si evince che mediamente, un residente della Campania impiega circa 70 minuti per raggiungere l'aeroporto di Napoli, valore di poco superiore a quelli registrati per gli scali alternativi. I tempi, pesati per residenti e reddito, vedono decrescere le differenze tra i tre scali, mentre i tempi pesati per gli addetti sono molto prossimi all'ora per i tre scali. Valori più favorevoli allo scalo salernitano (104 min. per Napoli, 83 min. per Grazzanise e 71 min. per Salerno) rappresentano la media dei tempi per i comuni campani.

Dal grafico 2 in fig. 3.16 risulta che il tempo medio per residente dello scalo salernitano risulta più basso di circa il 10% rispetto a Capodichino, mentre pesando anche per il reddito la differenza scende a circa 8%; il tempo medio pesato per gli addetti è del 4% inferiore rispetto allo scalo napoletano. Per Grazzanise i valori relativi sono più bassi di quelli di Capodichino rispettivamente del 12% per i residenti, del 9% per i residenti con reddito e del 4% per gli addetti.

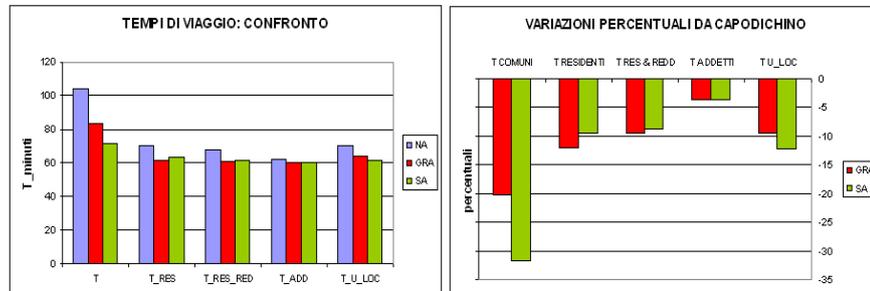


Figura 3.16 Tempi medi di accesso pesati con relative variazioni percentuali rispetto a Capodichino.

Soglie.

Per ciascuno degli aeroporti oggetto di studio confrontati sulla base dei tempi di viaggio sono stati calcolati degli indicatori di accessibilità a soglia rappresentati dal numero di comuni, dal numero di residenti, dal numero di addetti e dal numero di unità locali compresi all'interno di soglie temporali con intervalli di 20 minuti.

In particolare, per gli aeroporti messi a confronto, risultano i valori riportati nelle tabelle da 3.23 a 3.25.

Paragonando le performance dei tre siti aeroportuali si evince che nella prima fascia (0-20 min), l'aeroporto di Capodichino può essere raggiunto a partire solo dal Capoluogo con circa 1 milione di residenti, l'aeroporto di Grazzanise può essere raggiunto a partire da 16 comuni e da oltre 215,000 abitanti, mentre l'aeroporto di Salerno, nella stessa soglia temporale è raggiungibile a partire da 9 comuni e più di 300,000 abitanti campani.

Buone performance da parte degli scali considerati si registrano nella fasce di tempo intermedie (0-80 min), in cui il 65% dei residenti campani può raggiungere Capodichino, il 75% Grazzanise e quasi l'85% può raggiungere Salerno Costa d'Amalfi. Si osserva (fig. 3.17 grafici 5, 6) inoltre, che una aliquota bassa di popolazione si trova in posizione estremamente svantaggiata (> 120 min.) rispetto ai terminali di trasporto aereo.

Tabella 3.23 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di tempo di accesso in auto per Napoli Capodichino

NAPOLI	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 20	1	959574	280236	63687
SOGLIA 40	7	1234894	318374	76674
SOGLIA 60	53	2234628	423548	114433
SOGLIA 80	159	3757034	662124	190553
SOGLIA 100	281	4800070	809744	251296
SOGLIA 120	379	5273228	875756	277937
SOGLIA >120	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.24 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di tempo di accesso in auto per Grazzanise

GRAZZANISE	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 20	16	215406	22065	9422
SOGLIA 40	81	1303392	164755	53989
SOGLIA 60	173	3403255	601337	172735
SOGLIA 80	273	4388992	746019	232063
SOGLIA 100	376	5197556	859692	273028
SOGLIA 120	459	5537580	908800	293511
SOGLIA >120	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.25 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di tempo di accesso in auto per Salerno Costa d'Amalfi

SALERNO C. AMALFI	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 20	9	303732	67016	20855
SOGLIA 40	57	796969	156040	48934
SOGLIA 60	195	3191318	629658	185132
SOGLIA 80	403	4896162	846951	267392
SOGLIA 100	491	5488398	905263	294164
SOGLIA 120	524	5678208	931020	303220
SOGLIA >120	551	5834056	952988	312272

Le buone performance riscontrate per gli scali campani nelle fasce temporali intermedie sono confermate anche per quanto riguarda gli indicatori economici (addetti ed unità locali), come si evince dai grafici 3 e 4 in fig. 3.17, confermando la validità dei terminali aeroportuali anche per spostamenti di tipo business.

Un sintetico quadro riepilogativo ed un confronto immediato tra le performance dei tre aeroporti messi a confronto relativamente alle opportunità raggiungibili (numero comuni, numero residenti, numero addetti e numero unità locali) nelle varie soglie temporali può essere facilmente condotto esaminando i grafici proposti in figura 3.17.

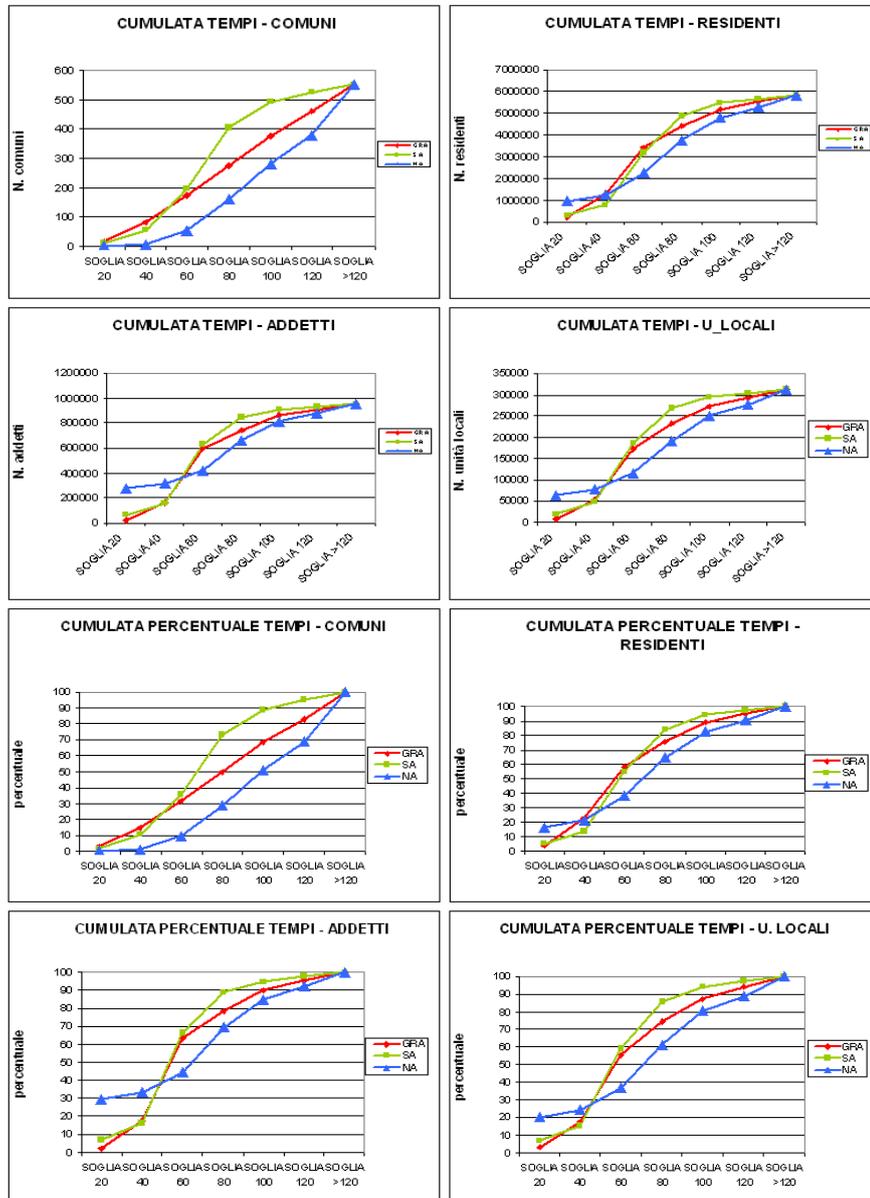


Figura 3.17 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili nelle varie soglie di tempo.

3.4.2 Analisi della competizione – costi generalizzati

Dati statistici.

Sono stati analizzati e confrontati i costi totali di accesso verso ciascuno dei tre aeroporti calcolati a partire dai 551 comuni della Campania. Nella valutazione dei costi generalizzati si è tenuto conto di tre voci principali: il costo medio del tempo ($\beta_1 \cdot T$), il consumo medio di carburante stimato in base alla distanza, al consumo medio delle autovetture ed al costo medio del carburante (benzina e gasolio) ed infine i pedaggi di autostrade e tangenziali, ove previsti. Il parametro di sostituzione β_1 che indica il costo unitario del tempo (circa 6 euro/ora), è stato ricavato da recenti studi eseguiti nell'area di interesse.

I primi dati statistici ottenuti per un confronto immediato con altri indicatori sono i seguenti per i tre scali:

Capodichino: costo minimo di accesso 4 euro e ottanta centesimi (Napoli), costo massimo circa 62 euro (Casaletto Spartano – Sa), costo medio per i comuni campani circa 30 euro.

Grazzanise: costo minimo di accesso 2 euro e settanta centesimi (Grazzanise - Ce), costo massimo circa 59 euro (Casaletto Spartano – Sa), costo medio per i comuni campani circa 25 euro.

Salerno: costo minimo di accesso 1 euro e trenta centesimi (Pontecagnano Faiano - Sa), costo massimo 52 euro (Monte di Procida - Na), costo medio per i comuni campani circa 21 euro.

Elaborazioni aggregate.

I confronti sull'indicatore aggregato sono stati eseguiti in particolare sul valore medio del costo generalizzato di viaggio rispetto ai comuni, ai residenti, ai residenti con reddito, agli addetti ed alle unità locali della Regione Campania.

Per un immediato riscontro delle performance relative, sono stati analizzati inoltre le variazioni percentuali di Grazzanise e Salerno Costa d'Amalfi rispetto ad un aeroporto di riferimento che è individuato sempre in Napoli Capodichino.

In tab. 3.26 sono riportati i valori medi pesati dei costi generalizzati rispetto alle diverse opportunità sopra definite ed in fig. 3.18 sono riportati i confronti grafici dell'indicatore rispetto ai tre aeroporti oggetto di studio oltre alle variazioni percentuali dei costi medi pesati verso Grazzanise e Salerno C. Amalfi, rispetto a Capodichino.

Tabella 3.26 Costi generalizzati medi di accesso pesati

Aeroporto	Capodichino (euro)	Grazzanise (euro)	Salerno (euro)
C_Medi_Accesso (per comune)	30.4	25.2	20.9
C_Medi_Accesso (per residente)	20.3	18.7	18.9
C_Medi_Accesso (per residente e reddito)	19.7	18.7	18.5
C_Medi_Accesso (per addetti)	18.0	18.1	17.7
C_Medi_Accesso (per unità locali)	20.5	19.4	18.4

Il costo medio di spostamento dai comuni campani verso ciascuno dei tre aeroporti, è stato calcolato come al paragrafo precedente.

Dall'esame dei valori riportati in tab. 3.26, si riscontra che il costo medio di accesso ai terminali aeroportuali per i comuni campani varia da quasi 21 euro per Salerno a poco più di 30 euro per Capodichino; il costo medio per un residente campano oscilla in modo più contenuto intorno ai 19-20 euro per i tre aeroporti oggetto di valutazione. Il grafico 2 in fig. 3.18 relativo alle variazioni dei costi pesati rispetto a Capodichino conferma la maggiore uniformità vista anche per i tempi quando si prende in considerazione la popolazione residente e il reddito.

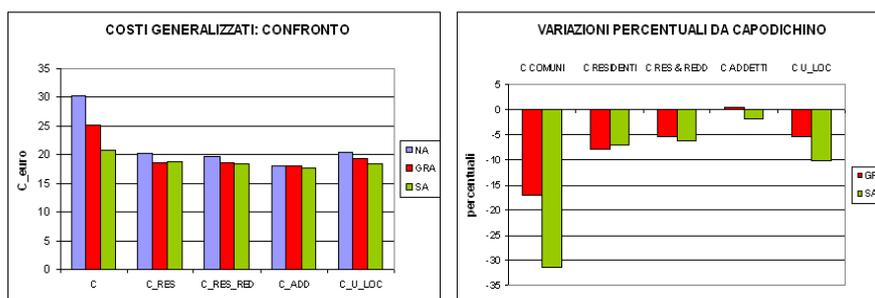


Figura 3.18 Costi generalizzati di accesso pesati con relative variazioni percentuali rispetto a Capodichino.

Soglie.

Per ciascuno degli aeroporti oggetto di studio confrontati sulla base dell'offerta del sistema di trasporto sono stati calcolati degli indicatori di accessibilità a soglia rappresentati dal numero di comuni, dal numero di residenti, dal numero di addetti e dal numero di unità locali compresi all'interno di soglie di costo totale di accesso con intervalli di 10 euro.

In particolare, per gli aeroporti messi a confronto, risultano i valori riportati nelle tabelle da 3.27 a 3.29.

Eseguendo una zonizzazione a scala comunale del territorio regionale sulla base delle soglie di costo di accesso agli aeroporti oggetto di studio si riscontrano i seguenti risultati: con costi complessivi di accesso che non superano i 10 euro, gli aeroporti di Capodichino, Grazzanise e Salerno sono raggiungibili rispettivamente da 6, 43 e 45 comuni con 1,204,786, 622,000 e 660,000 residenti nella Regione Campania. Nella soglia di costo intermedia di 30 euro Capodichino, Grazzanise e Salerno Costa d'Amalfi sono raggiungibili rispettivamente dall'83%, dal 90% e da quasi il 95% dei residenti campani (fig. 3.19 grafico 6).

Nelle soglie di costo superiori a 40 euro si trovano meno di 200,000 residenti, concentrati maggiormente in piccoli comuni e notoriamente non particolarmente predisposti al modo di spostamento aereo.

Nella figura 3.19 sono riportati i grafici dei valori cumulati e delle percentuali cumulate relativi rispettivamente al numero di comuni, al numero di residenti ed al numero di addetti e di unità locali compresi all'interno delle soglie di costo generalizzato di accesso sopra definite.

Tabella 3.27 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di costo totale di accesso in auto per Capodichino

CAPODICHINO	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 10	6	1204786	313251	74944
SOGLIA 20	87	2838060	500929	140804
SOGLIA 30	268	4833692	825108	253509
SOGLIA 40	462	5639096	928283	300154
SOGLIA 50	535	5804283	949642	310298
SOGLIA 60	549	5832018	952802	312150
SOGLIA >60	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.28 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di costo totale di accesso in auto per Grazzanise

GRAZZANISE	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 10	45	622331	90837	28394
SOGLIA 20	186	3577684	626936	183176
SOGLIA 30	364	5164086	857102	270991
SOGLIA 40	505	5741856	943054	306310
SOGLIA 50	544	5816763	950876	311030
SOGLIA 60	551	5834056	952988	312272
SOGLIA >60	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.29 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di costo totale di accesso in auto per Salerno Costa d'Amalfi

SALERNO C. AMALFI	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 10	43	659487	135409	42039
SOGLIA 20	273	3557112	691967	204525
SOGLIA 30	490	5479454	906300	293813
SOGLIA 40	534	5699310	933410	304617
SOGLIA 50	550	5820715	951859	311774
SOGLIA 60	551	5834056	952988	312272
SOGLIA >60	551	5834056	952988	312272

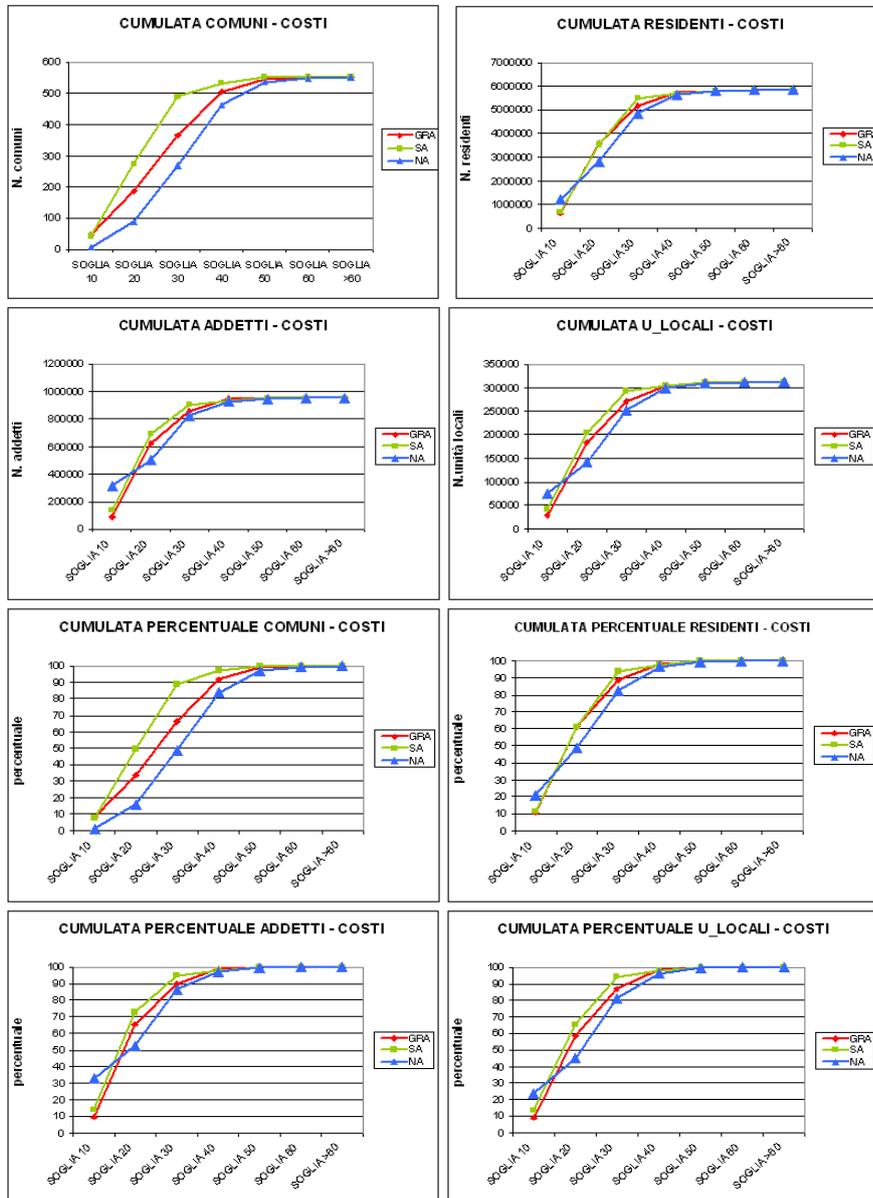


Figura 3.19 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili nelle varie soglie di costo generalizzato.

3.4.3 Analisi della competizione – utilità sistematica, probabilità di scelta

La comprensione di queste misure non è immediata ma gli indicatori sono molto realistici e quindi ideali anche per ipotizzare scenari futuri, in quanto l'utilità associata ad una scelta è fortemente percepita dagli utenti. I tipi di misura elencati sono stati effettuati a partire da unità elementari, che in questo caso sono rappresentate dai 551 comuni della Regione Campania, le osservazioni sui risultati ottenuti saranno però concentrate soprattutto sugli indicatori di tipo aggregato, come la sommatoria dei singoli contributi e, in modo particolare, i valori medi pesati assunti dall'indicatore. La valutazione disaggregata dei risultati sarà quasi del tutto rimandata alla consultazione delle mappe tematiche di accessibilità.

Dati statistici.

Sono stati analizzate e confrontate le funzioni di utilità sistematiche verso ciascuno dei tre aeroporti considerati calcolate a partire dai 551 comuni della Campania.

I valori numerici risultano sempre negativi, come previsto, in quanto ad ogni spostamento elementare è associato un costo di spostamento e quindi una disutilità.

I primi dati statistici ottenuti per un confronto immediato con altri indicatori sono i seguenti:

Capodichino: utilità massima associata all'accesso all'aeroporto -7.4 (Napoli), utilità minima -67.2 (Casaletto Spartano – Sa), utilità media -36.0 per i comuni campani.

Grazzanise: utilità massima associata all'accesso all'aeroporto -1.7 (Grazzanise - Ce), utilità minima -63.8 (Casaletto Spartano – Sa), utilità media -29.9 per i comuni campani.

Salerno: utilità massima associata all'accesso all'aeroporto -2.8 (Pontecagnano Faiano – Sa), utilità massima -58.8 (Monte di Procida – Na), utilità media -26.5 per i comuni campani.

Le funzioni di utilità sistematica sono definite come segue, in accordo con il modello MNLD[2] definito nella pubblicazione (de Luca, 2012) presa come riferimento (cfr. cap.3):

- $V_{mnld}[2] = (\beta_1 * A_{fare}) + (\beta_2 * Freq) + (\beta_3 * ACCTBox\ Cox)$
- $ACCTBox\ Cox = (T^{0,8} - 1) / 0,8$

Afare = tariffa media per gli spostamenti aerei (1.08 Capodichino, 1.83 Grazzanise; 1,01 Salerno C. Amalfi)

Freq = frequenza giornaliera dei voli (2 Capodichino, 3 Grazzanise; 1 Salerno C. Amalfi).

Elaborazioni aggregate.

I confronti sugli indicatori aggregati sono stati eseguiti in particolare sul valore medio della funzione di utilità sistematica rispetto ai comuni, ai residenti, agli addetti e alle unità locali della Regione Campania.

Per un immediato riscontro delle performance relative, sono stati analizzati inoltre le variazioni percentuali di Grazzanise e Salerno Costa d'Amalfi rispetto ad un riferimento che è individuato sempre in Napoli Capodichino.

In tab. 3.30 sono indicati i valori medi delle utilità sistematiche e dell'utilità inclusiva verso i tre terminali di trasporto aereo della Campania, rispettivamente pesati rispetto ai comuni, rispetto alla popolazione residente, rispetto alla popolazione residente ed al reddito e rispetto agli addetti e le unità locali.

In tab. 3.31 sono elencati i valori delle probabilità di scelta dei terminali aeroportuali oggetto di indagine pesati per i residenti, gli addetti e le unità locali.

In fig. 3.20 sono riportati i grafici 1, 2 relativi ai valori assunti dalla funzione di utilità sistematica per gli spostamenti dai comuni campani verso i terminali aeroportuali ed alle differenze percentuali rispetto a Capodichino per gli altri scali ed i grafici 3,4 relativi alle probabilità di scelta pesate per gli scali aeroportuali oggetto di studio.

Tabella 3.30 Utilità sistematiche ed inclusive medie pesate

Aeroporto	Capodichino	Grazzanise	Salerno	Logsum
V_Media (per comune)	-36.0	-29.9	-26.5	-22.7
V_Media (per residente)	-25.6	-23.5	-24.0	-16.7
V_Media (per residente e reddito)	-24.8	-23.4	-23.5	-16.1
V_Media (per addetti)	-23.0	-22.9	-22.9	-14.8
V_Media (per unità locali)	-25.6	-24.1	-23.5	-16.4

Tabella 3.31 Probabilità di scelta pesate (Multinomial Logit)

Aeroporto	Capodichino	Grazzanise	Salerno
Prob. (per residente)	23.2	35.7	41.0
Prob. (per addetti)	34.9	26.4	38.7
Prob. (per unità locali)	26.5	29.4	44.1

Dall'esame dei valori in tab. 3.30 si evince che i valori delle utilità sono, come valore assoluto, confrontabili con i costi generalizzati, anche se con i segni negativi, le utilità inclusive hanno valori decisamente migliori, a conferma della buona complementarietà del sistema aeroportuale studiato.

Dall'esame del grafico 2 in fig. 3.20 si evince che le utilità medie per i residenti, sono più basse in modulo e quindi migliori per Grazzanise e Salerno rispettivamente dell' 8% e del 6%. Considerando il valore pesato per il reddito, gli scarti percentuali sono più bassi rispettivamente per Grazzanise e Salerno del 6% e del 5% rispetto a Capodichino.

Non ci sono variazioni significative per l'indicatore pesato sugli addetti.

Le probabilità di scelta per i residenti campani, calcolate con il modello multinomial logit, sono del 23.2% per Napoli, del 35.7% per Grazzanise e del 41.0% per Salerno Costa d'Amalfi; per gli addetti le percentuali sono rispettivamente il 34.9%, il 26.4 ed il 38.7%, mentre per le unità locali sono rispettivamente il 26.5%, il 29.4 ed il 44.1%.

Le differenze di share sono superiori per Grazzanise rispetto a Capodichino del 12% per i residenti, del 3% per le unità locali, mentre per gli addetti si registra una variazione negativa di quasi 9 punti percentuali. Le differenze di share sono superiori per lo scalo salernitano rispetto a Capodichino rispettivamente del 18% per i residenti, del 3% per gli addetti e del 18% circa per le unità locali.

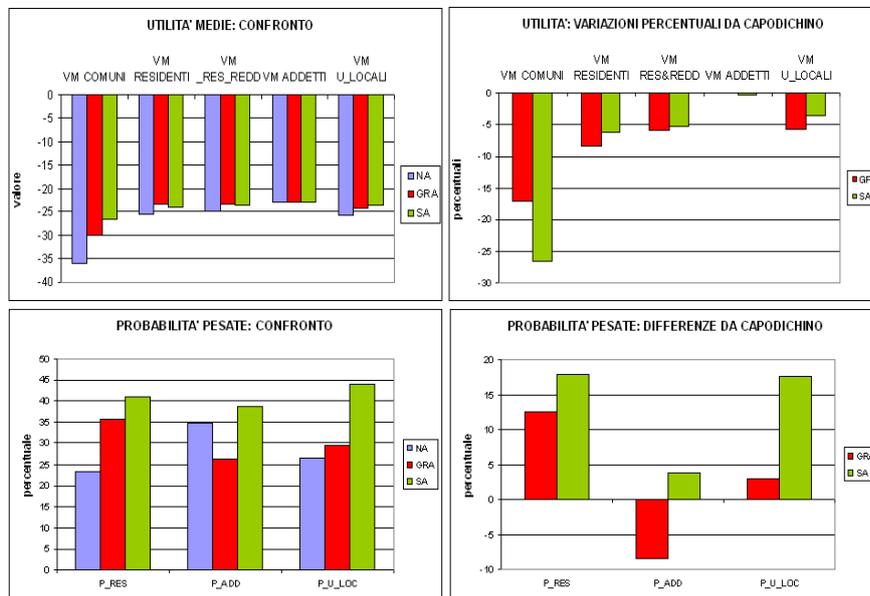


Figura 3.20 Utilità sistematiche, utilità inclusive e probabilità di scelta pesate con relative variazioni percentuali di Salerno Costa d'Amalfi rispetto a Grazzanise.

Soglie.

Per ciascuno degli aeroporti oggetto di studio confrontati sulla base dei modelli scelta comportamentale sono stati calcolati degli indicatori di accessibilità a soglia rappresentati dal numero di comuni, dal numero di residenti, dal numero di addetti e dal numero di unità locali compresi all'interno di soglie di utilità sistematica con intervalli progressivi di 10, i valori delle utilità, pur negativi, sono considerati in modulo per un immediato confronto con altri indicatori di accessibilità, in particolare con i costi generalizzati a cui sono per molteplici aspetti simili.

In particolare, per gli aeroporti messi a confronto, risultano i valori riportati nelle tabelle da 3.32 a 3.34.

Eseguendo una zonizzazione a scala comunale del territorio regionale sulla base delle soglie di utilità sistematica associata allo spostamento verso gli aeroporti oggetto di studio si riscontrano i seguenti risultati: con valori in modulo delle utilità minori di 10, gli aeroporti di Capodichino, Grazzanise e Salerno sono raggiungibili rispettivamente da 1, 16 e 10

comuni con una popolazione complessiva di 960,000, 215,000 e 326,000 residenti nella Regione.

Nella soglia di utilità intermedia, ovvero con valori minori di 30, Capodichino, Grazzanise e Salerno Costa d'Amalfi sono raggiungibili rispettivamente dal 65%, dal 75% e da quasi il 90% dei residenti campani (fig. 3.21 grafico 6).

Nelle soglie di utilità superiori al valore di 40 si trovano circa 640,000 persone (Capodichino) su un totale di quasi 6 milioni. In figura 3.21 sono riportati i grafici dei valori cumulati e delle percentuali cumulate relativi rispettivamente al numero di comuni, al numero di residenti ed al numero di addetti e di unità locali compresi all'interno delle soglie di utilità sistematica sopra definite.

Tabella 3.32 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di utilità sistematica per Capodichino

CAPODICHINO	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 10	1	959574	280236	63687
SOGLIA 20	17	1499317	353695	88816
SOGLIA 30	165	3809463	670837	193635
SOGLIA 40	359	5195170	863272	272951
SOGLIA 50	506	5747255	943637	306663
SOGLIA 60	545	5817439	950941	311078
SOGLIA >60	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.33 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di utilità sistematica per Grazzanise

GRAZZANISE	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 10	16	215406	22065	9422
SOGLIA 20	121	2731418	494069	138543
SOGLIA 30	275	4393318	746557	232311
SOGLIA 40	430	5395620	887184	285005
SOGLIA 50	526	5783969	947381	309042
SOGLIA 60	551	5834056	952988	312272
SOGLIA >60	551	5834056	952988	312272

Tabella 3.34 Opportunità raggiungibili in funzione delle varie soglie di utilità sistematica per Salerno Costa d'Amalfi

SALERNO C. AMALFI	COM	RES	ADD	U_LOC
SOGLIA 10	10	325546	69946	22018
SOGLIA 20	100	1238318	216516	70050
SOGLIA 30	409	5068985	860593	273719
SOGLIA 40	521	5669388	930527	302694
SOGLIA 50	539	5705095	933894	304919
SOGLIA 60	551	5834056	952988	312272
SOGLIA >60	551	5834056	952988	312272

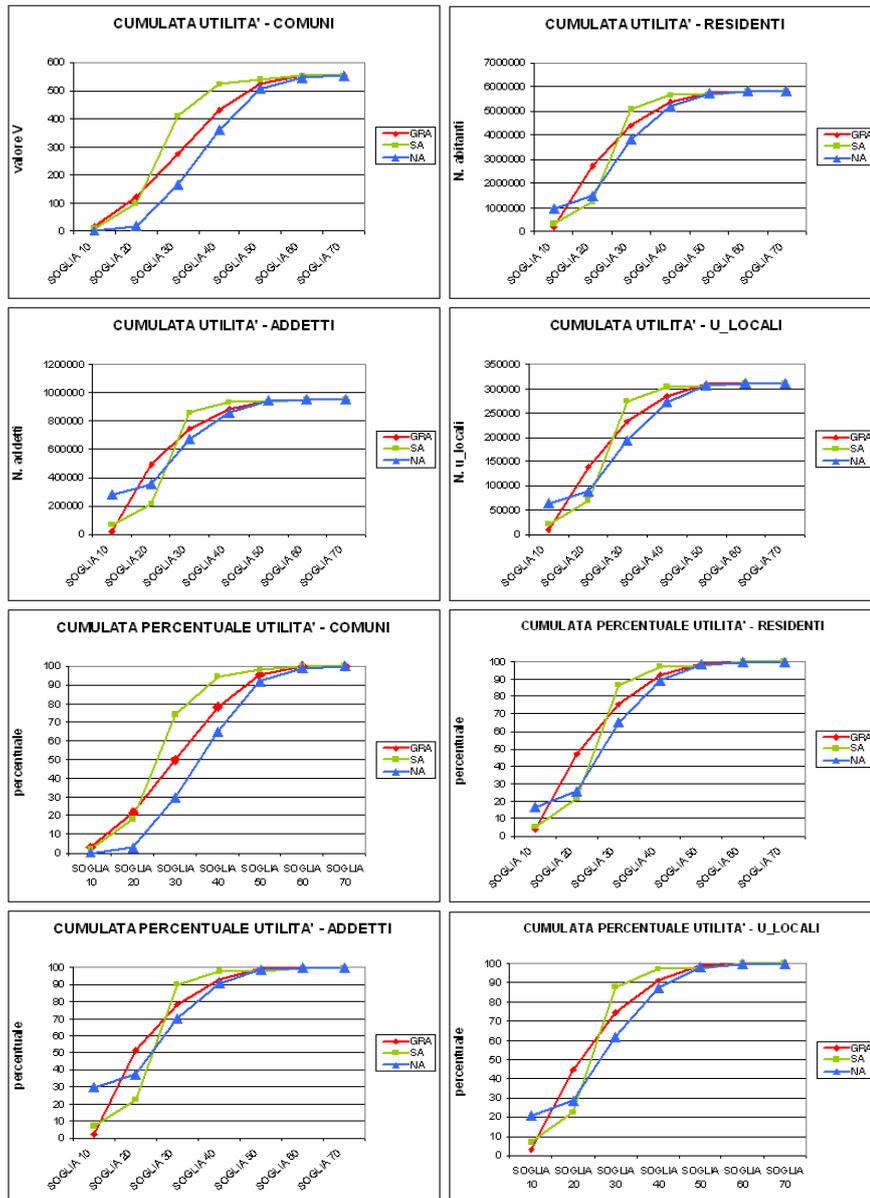


Figura 3.21 Cumulate e cumulate percentuali delle opportunità raggiungibili nelle varie soglie di utilità sistematica (i valori delle utilità sono sempre negativi).

CARTE TEMATICHE

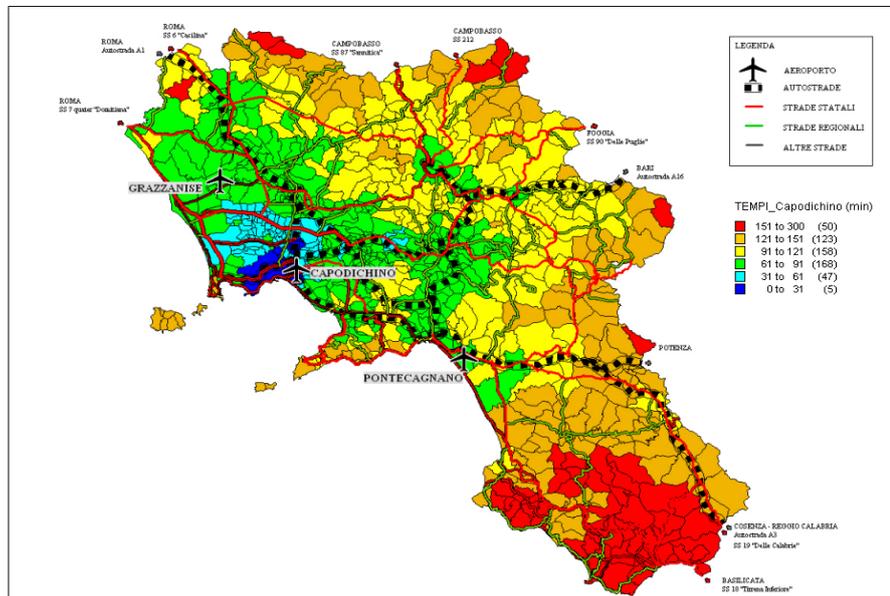
Nella sezione dedicata alle carte tematiche saranno visualizzati in modo differente i comuni sulla base dei tempi di accesso in auto, dei costi generalizzati e delle utilità associate agli spostamenti verso Capodichino, avendo già esaminato nel paragrafo precedente gli altri due scali della Campania.

Gli intervalli sono specificati nella legenda al margine della carta, la scala cromatica parte dai colori più “freddi” (azzurro, celeste) che corrispondono ai valori più bassi ed arriva ai colori più “caldi” (arancio, rosso) che corrispondono ai valori più alti dell’indicatore.

I tempi sono calcolati per uno spostamento singolo, solo in andata verso l’aeroporto considerato.

Gli intervalli scelti per la rappresentazione sono più ampi di quelli scelti per le funzioni di opportunità per una migliore leggibilità della carta e poiché, non trattandosi di un’analisi numerica, non è stata condotta un’indagine più dettagliata.

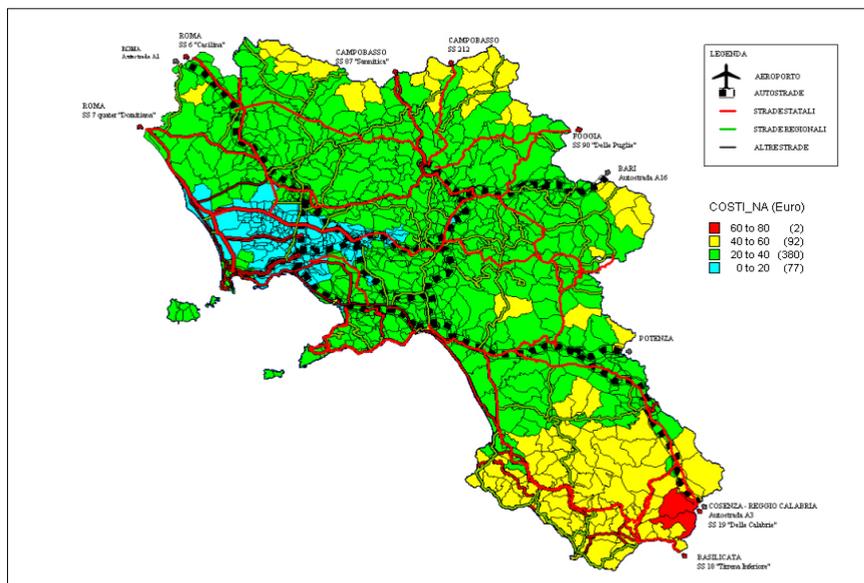
Per la rappresentazione delle probabilità di scelta dell’aeroporto di Capodichino, a partire dalle municipalità della Regione saranno invece utilizzati gli intervalli ed i colori già adottati per lo stesso tipo di tematismo nelle cartografie riguardanti gli aeroporti di Grazzanise e Salerno.



Carta 17 Intervalli di tempo di viaggio in auto verso Capodichino: suddivisione su base comunale.

Commento alla carta

I comuni da cui si può raggiungere in un'ora di auto in condizioni di traffico medio l'Aeroporto di Capodichino (52) occupano una stretta area ma molto popolata a ridosso di Napoli, discrete condizioni di accessibilità (61-91 min. di tempo di accesso) sono garantite ad una vasta fascia di comuni appartenenti a tutte le aree più popolate della Campania. Le aree più penalizzate per raggiungere lo scalo sono quelle del Cilento e le municipalità poste ai confini orientali della Regione.



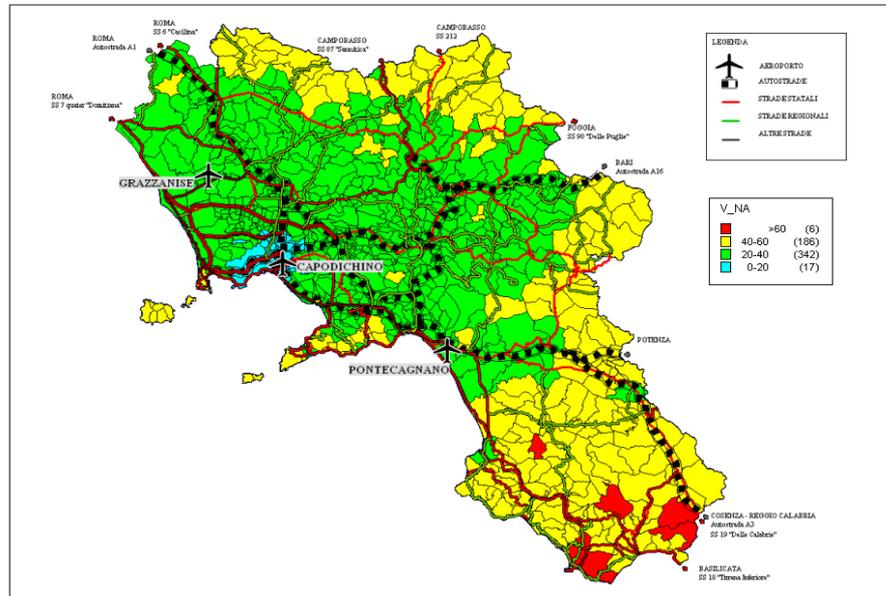
Carta 18 Intervalli di costo generalizzato per spostamenti in auto verso Capodichino: suddivisione su base comunale.

Commento alla carta

I comuni da cui si può raggiungere l'Aeroporto di Capodichino in auto con una spesa compresa in 20 euro sono compresi in una stretta fascia di territorio, molto popolata, che include il Capoluogo regionale ed altre 76 municipalità.

Con un costo generalizzato compreso nei 40 euro è possibile andare verso lo scalo napoletano da buona parte dei comuni della Campania.

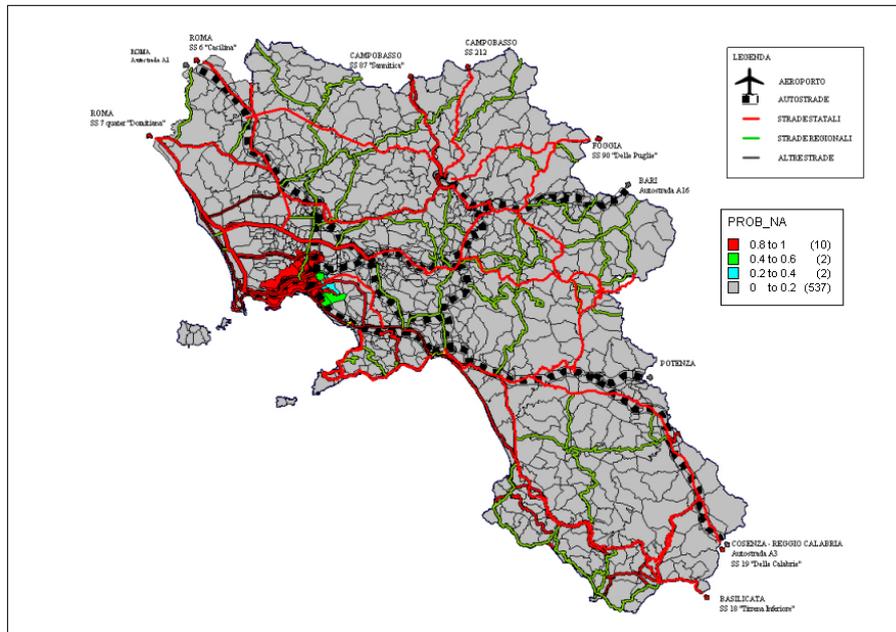
Costi superiori sono necessari per raggiungere l'aeroporto a partire dalle municipalità poste al margine meridionale della provincia di Salerno o ai limiti estremi della Regione.



Carta 19 Intervalli di utilità (con segno invertito) verso lo scalo di Capodichino a partire dai comuni della Campania.

Commento alla carta

I comuni da cui si può raggiungere l'Aeroporto di Capodichino in auto con valori di utilità sistematica inferiori in modulo a 20 (la funzione di utilità in questo caso è sempre negativa) sono compresi in una fascia di territorio a immediato ridosso di Napoli, per un totale di 17 municipalità. Con valori di utilità in modulo non superiori a 40 è possibile andare verso lo scalo napoletano da buona parte dei comuni della Campania esclusi quelli del Cilento e quelli posti ai margini esterni della Regione.



Carta 20 Probabilità di scelta dello scalo di Capodichino a partire dai comuni della Campania.

Commento alla carta

I comuni i cui abitanti hanno una elevata probabilità di scegliere l'Aeroporto di Capodichino, nello scenario di competizione ipotizzato, sono compresi in una vasta fascia di territorio che include il Capoluogo regionale ed altre 9 municipalità.

I comuni i cui abitanti si trovano ad avere un vasto intervallo di probabilità di scelta, compresa tra 20% e 80%, sono in tutto 4 e sono ubicati immediatamente a ridosso dell'area metropolitana di Napoli.

I residenti nei restanti comuni hanno probabilità di scelta inferiori al 20%.

3.5 SCENARIO 3: COMPETIZIONE GRAZZANISE – SALERNO COSTA D’AMALFI IN PRESENZA DI NAPOLI CAPODICHINO

3.5.1 Indicatori non ridotti “senza alfa”

Nel presente paragrafo verrà analizzato uno scenario competitivo tra gli scali di Grazzanise e Salerno Costa d’Amalfi tenendo conto della presenza sul territorio regionale di Napoli Capodichino.

La presenza dello scalo napoletano che sarà, alla luce delle ultime indicazioni in termini di pianificazione nazionale per gli aeroporti, lo scalo principale della Regione ancora per diversi anni, incide anche sulla competizione tra i due scali alternativi, in quanto essi saranno percepiti dall’utenza in modo ridotto rispetto al loro potenziale, tale riduzione non è uguale per i due scali ma dipende dalla mutua interazione con Capodichino.

La parte del lavoro trattato nel presente paragrafo, pertanto, è un modello quantitativo dell’interazione di Napoli Capodichino sulla competizione degli scali definiti “alternativi”.

Avendo già trattato al par. 3.4 in maniera esaustiva la competizione, in uno scenario a tre aeroporti, sia tra i due scali alternativi sia con Capodichino, sarà proposto un quadro riassuntivo dei principali indicatori al fine di facilitare un confronto con gli indicatori nuovi che tengano conto dell’effetto di “smoothing” provocato dallo scalo partenopeo.

I confronti grafici tra gli indicatori non ridotti “senza alfa” e gli indicatori ridotti “con alfa” saranno proposti nel par. 3.5.2, al fine di evidenziare in modo esplicito le variazioni dovute allo smoothing.

Particolare attenzione sarà prestata all’analisi delle fasce di indifferenza, che, in uno scenario di competizione a tre aeroporti, sono indicative del numero di opportunità che possono essere “contese” dalle società di gestione dei singoli scali.

Nelle tabelle 3.35 e 3.36 sono sinteticamente riepilogati rispettivamente gli indicatori di livello di servizio (LdS) e gli indicatori basati sui modelli di scelta comportamentale (Util) relativi agli aeroporti di Grazzanise e Salerno C. Amalfi in presenza di Napoli Capodichino.

Tabella 3.35 Indicatori di Livello di Servizio pesati sulle opportunità.

Aeroporto	T_Grazz. (min)	T_Salerno (min)	C_Grazz. (euro)	C_Salerno (euro)
LdS_Media_Accesso (per comune)	83.1	71.2	25.2	20.9
LdS_Media_Accesso (per residente)	61.6	63.3	18.7	18.9
LdS_Media_Accesso (per residente e reddito)	61.4	61.9	18.7	18.5
LdS_Media_Accesso (per addetti)	59.9	59.8	18.1	17.7
LdS_Media_Accesso (per unità locali)	63.8	61.8	19.4	18.4

Tabella 3.36 Indicatori basati sui modelli di scelta pesati sulle opportunità.

Aeroporto	V_Grazzanise	V_Salerno	P_Grazzanise	P_Salerno
Util_Media (per comune)	-29.9	-26.5	-	-
Util_Media (per residente)	-23.5	-24.0	35.7%	41.0%
Util_Media (per residente e reddito)	-23.4	-23.5	-	-
Util_Media (per addetti)	-22.9	-22.9	26.4%	38.7%
Util_Media (per unità locali)	-24.1	-23.5	29.4%	44.1%

* Le probabilità di scelta tengono conto della presenza di Capodichino

3.5.1.1 Analisi fasce di indifferenza

In un sistema regionale a tre scali, sono individuabili nell'area di studio delle fasce di indifferenza nella scelta dell'aeroporto che, in uno scenario di competizione possono essere interpretate come aree contese per l'espansione dei bacini di utenza dei singoli scali.

Sono state analizzate tutte le fasce di indifferenza relative sia alle varie combinazioni di aeroporti in competizione duale sia ad una presenza simultanea dei tre scali in competizione tra loro.

Gli indicatori mediante i quali sono stati eseguiti i confronti e definiti i bacini di influenza sono rispettivamente i tempi di viaggio, i costi generalizzati e le utilità sistematiche associati agli spostamenti dal comune generico i verso l'aeroporto generico j .

Il procedimento logico alla base della definizione dei bacini di influenza dei singoli scali e delle aree di indifferenza è descritto sinteticamente come segue:

- calcolo della differenza tra indicatori (es. $T_{GRA} - T_{SA}$);
- scelta di una soglia di indifferenza variabile a seconda del tipo di indicatore (es. +/- 5 minuti per i tempi);
- definizione e calcolo delle aree di indifferenza tra due aeroporti;
- Sulla scorta delle fasce create nella competizione due a due, si è proceduto ad un confronto dei comuni per cui era sempre favorevole la scelta di un aeroporto, intersecando gli insiemi ottenuti e quindi ottenendo in fine una lista di comuni per cui la scelta ricade sempre sullo stesso aeroporto, a prescindere dallo scenario di competizione;
- una volta definiti i bacini di influenza non modificabili è stata definita “zona di competizione” tutto l'insieme di comuni non ricadenti nei bacini sopra definiti.

Nelle figure che seguono sono proposte le elaborazioni grafiche relative all'analisi delle fasce di indifferenza definite sulla base delle tre tipologie principali di indicatori:

Analisi sulla base dei tempi di accesso:

Nelle tabelle da 3.37 a 3.40 sono riportate le suddivisioni percentuali delle opportunità tra i bacini di influenza degli aeroporti e l'area di incertezza nel caso di competizione tra due qualsiasi degli aeroporti regionali e nel caso di simultanea presenza e competizione tra i tre scali che rappresentano il sistema aeroportuale campano.

Nelle figure da 3.22 a 3.25 sono riportati i confronti grafici relativi alla distribuzione delle opportunità nei vari scenari di competizione tra gli aeroporti campani.

Tabella 3.37 Opportunità comprese nei diversi bacini (T): distribuzione percentuale (Grazzanise – Salerno C. Amalfi)

	Bacino_GRA %	Bacino_SA %	Area_Comp %
N_COMUNI	27.8	56.8	15.4
POP	50.6	36.2	13.2
ADD	55.2	35.1	9.7
U_LOC	48.2	39.4	12.4

Tabella 3.38 Opportunità comprese nei diversi bacini (T): distribuzione percentuale (Capodichino - Grazzanise)

	Bacino_NA %	Bacino_GRA %	Area_Comp %
N_COMUNI	4.2	92.2	3.6
POP	28.2	63.2	8.6
ADD	38.9	53.5	7.7
U_LOC	31.1	61.2	7.8

Tabella 3.39 Opportunità comprese nei diversi bacini (T): distribuzione percentuale (Capodichino – Salerno C. Amalfi)

	Bacino_NA %	Bacino_SA %	Area_Comp %
N_COMUNI	7.6	73.1	19.2
POP	35.4	45.2	19.4
ADD	42.7	40.9	16.4
U_LOC	35.0	48.2	48.2

Tabella 3.40 Opportunità comprese nei diversi bacini (T): distribuzione percentuale (Tre Aeroporti)

	Bacino_NA %	Bacino_GRA %	Bacino_SA %	Area_Comp %
N_COMUNI	0.9	26.3	56.6	16.2
POP	20.0	29.0	35.3	15.7
ADD	32.0	21.5	34.5	11.9
U_LOC	23.5	23.6	38.7	14.3

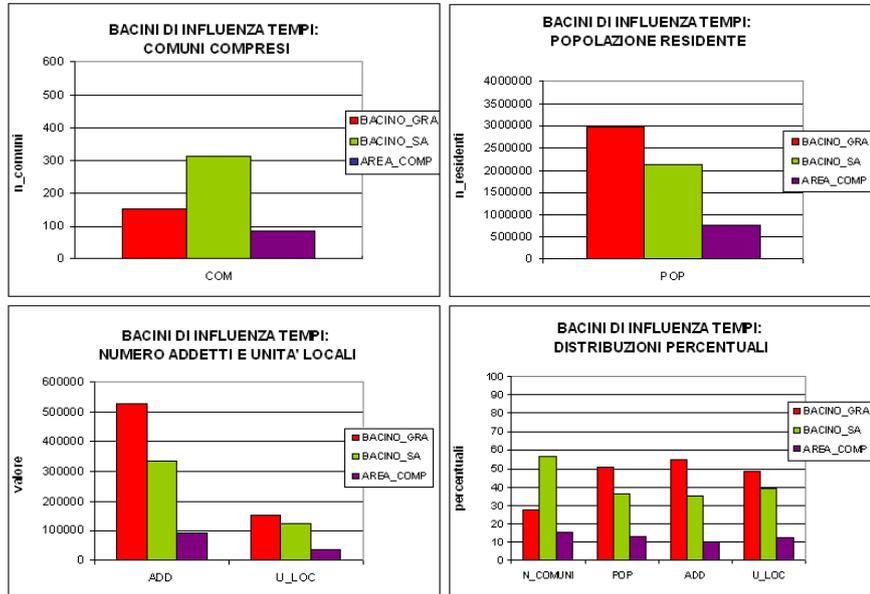


Figura 3.22 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (T) comprese nei bacini di influenza (competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi)

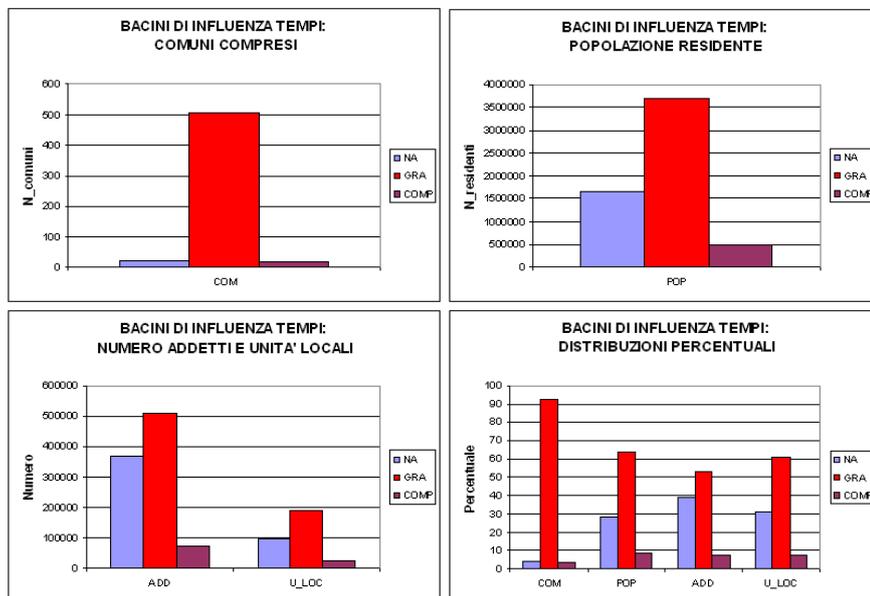


Figura 3.23 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (T) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino - Grazzanise)

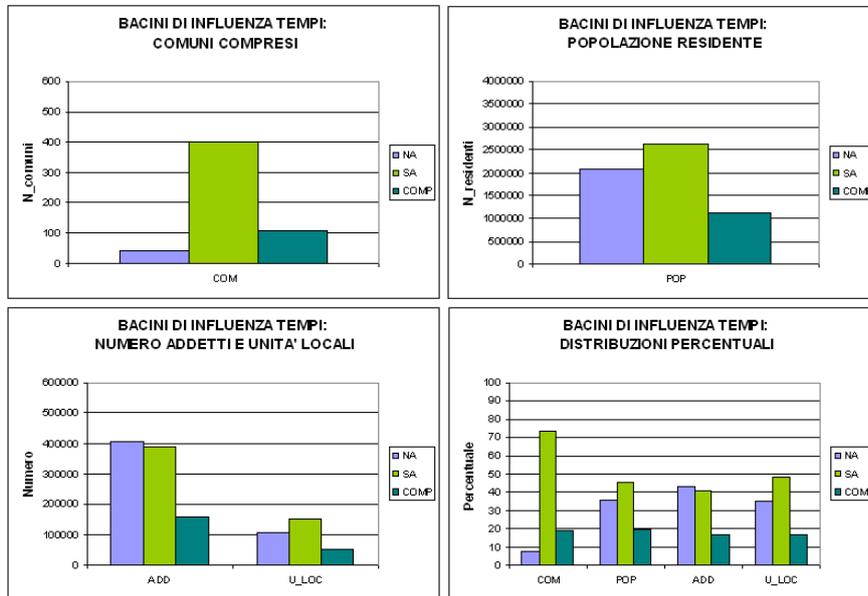


Figura 3.24 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (T) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino – Salerno C. Amalfi)

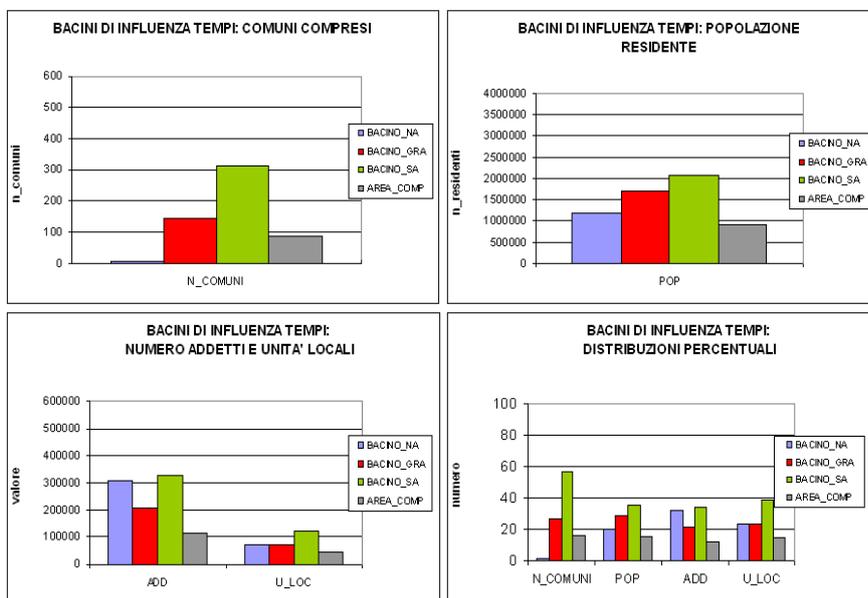


Figura 3.25 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (T) comprese nei bacini di influenza (competizione tra tre aeroporti)

Partendo dalle analisi numeriche sulle fasce di incertezza nelle varie configurazioni possibili per gli aeroporti campani è stato possibile eseguire un confronto diretto numerico e grafico sulla dimensione di tali aree di competizione.

In tab. 3.41 è riportato il numero delle opportunità comprese nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione possibili, in tab. 3.42 è invece riportata la percentuale di ciascuna opportunità compresa nella fascia di incertezza rispetto alle opportunità totali della Campania in tutti i possibili scenari di competizione.

In fig. 3.26 sono riportati i confronti grafici relativi al numero ed alla percentuale di opportunità rispetto al totale regionale comprese nella fascia di incertezza, in tutti i possibili scenari di competizione tra aeroporti.

Fatta eccezione per lo scenario, peraltro improbabile, di competizione esclusiva tra Capodichino e Grazzanise, si riscontra che un numero significativo di comuni, variabile tra 85 e 106 è compreso nella fascia di incertezza. I residenti la cui scelta non è chiaramente definita, sulla base dei tempi di viaggio variano da circa 914,000 a circa 1,130,000. Valori importanti si registrano anche per gli addetti con un range che varia da circa 100,000 a circa 150,000. Lo scenario dove tale fascia si massimizza è quello di competizione tra Capodichino e Salerno, attualmente il più probabile.

La consistenza di questi numeri pone l'attenzione sulla necessità, da parte delle società di gestione, di politiche competitive di offerta e sul bisogno di aumentare l'accessibilità passiva dei terminali aeroportuali, al fine di garantire agli stessi un consistente incremento di quote di mercato.

Tabella 3.41 Numero di opportunità compreso nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione (T)

	COM	RES	ADD	U_LOC
TRE AEROP	89	914305	113622	44514
NA-GRA	20	499704	72914	24213
NA-SA	106	1130926	156579	52399
SA-GRA	85	768710	92638	38735

Tabella 3.42 Percentuali di opportunità (rispetto al totale regionale) compreso nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione (T)

	COM %	RES %	ADD %	U_LOC %
TRE AEROP	16.2	15.7	11.9	14.3
NA-GRA	3.6	8.6	7.7	7.8
NA-SA	19.2	19.4	16.4	16.8
SA-GRA	15.4	13.2	9.7	12.4

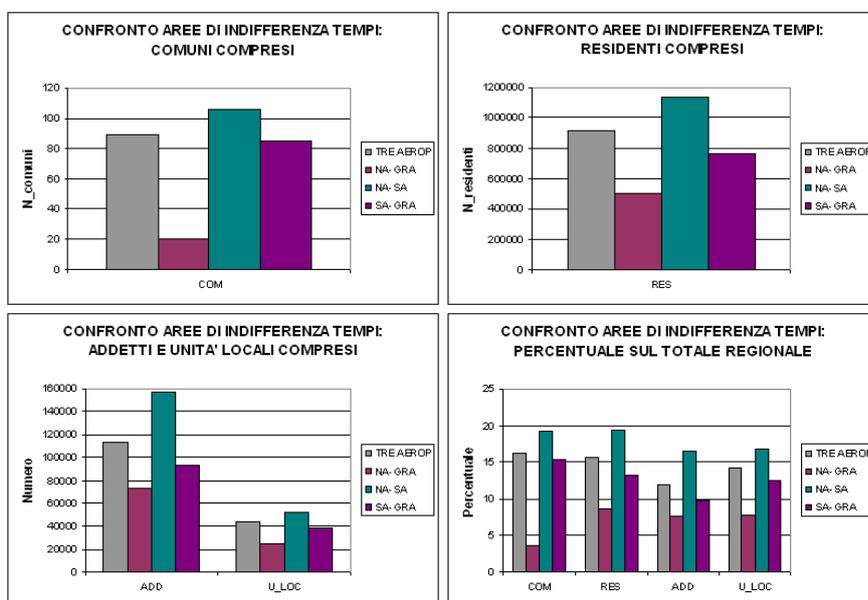


Figura 3.26 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (T) comprese nella fascia di incertezza (tutti gli scenari di competizione tra aeroporti)

Analisi sulla base dei costi generalizzati:

Nelle tabelle da 3.43 a 3.46 sono riportate le suddivisioni percentuali delle opportunità tra i bacini di influenza degli aeroporti e l'area di incertezza nel caso di competizione tra due qualsiasi degli aeroporti regionali e nel caso di simultanea presenza e competizione tra i tre scali che rappresentano il sistema aeroportuale campano.

Nelle figure da 3.27 a 3.30 sono riportati i confronti grafici relativi alla distribuzione delle opportunità nei vari scenari di competizione tra gli aeroporti campani.

Tabella 3.43 Opportunità comprese nei diversi bacini (C): distribuzione percentuale (Grazzanise – Salerno C. Amalfi)

	Bacino_GRA %	Bacino_SA %	Area_Comp %
N_COMUNI	28.7	60.3	11.1
POP	51.4	38.1	10.4
ADD	55.6	36.4	8.0
U_LOC	48.9	41.0	10.1

Tabella 3.44 Opportunità comprese nei diversi bacini (C): distribuzione percentuale (Capodichino - Grazzanise)

	Bacino_NA %	Bacino_GRA %	Area_Comp %
N_COMUNI	4.2	89.3	6.6
POP	28.2	57.6	14.2
ADD	38.9	49.6	11.5
U_LOC	31.1	56.4	12.5

Tabella 3.45 Opportunità comprese nei diversi bacini (C): distribuzione percentuale (Capodichino – Salerno C. Amalfi)

	Bacino_NA %	Bacino_SA %	Area_Comp %
N_COMUNI	10.9	69.3	19.8
POP	41.1	39.7	19.2
ADD	47.1	37.1	15.8
U_LOC	39.8	43.2	17.0

Tabella 3.46 Opportunità comprese nei diversi bacini (C): distribuzione percentuale (Tre Aeroporti)

	Bacino_NA %	Bacino_GRA %	Bacino_SA %	Area_Comp %
N_COMUNI	1.1	26.9	59.9	12.2
POP	21.0	28.6	35.7	14.7
ADD	32.8	21.3	34.8	11.1
U_LOC	24.5	23.4	39.0	13.0

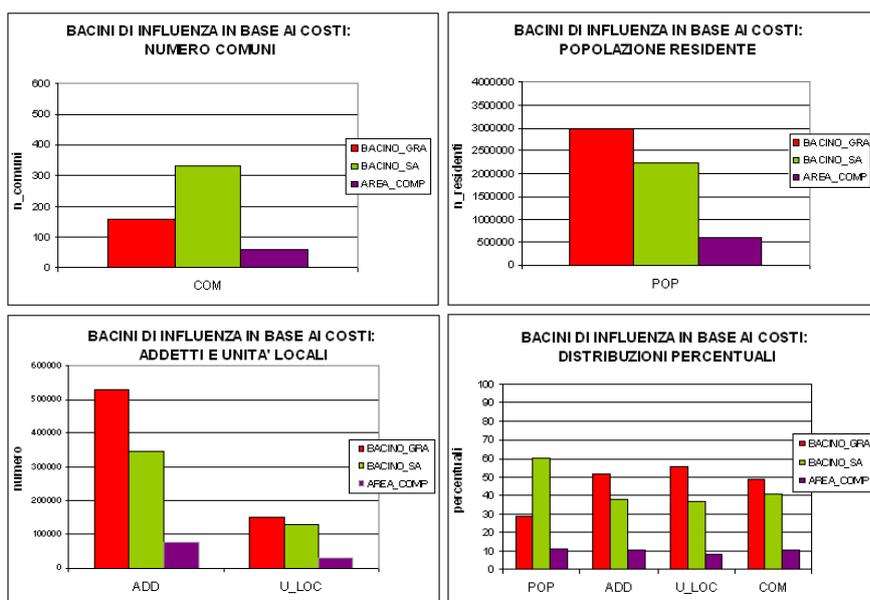


Figura 3.27 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (C) comprese nei bacini di influenza (competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi)

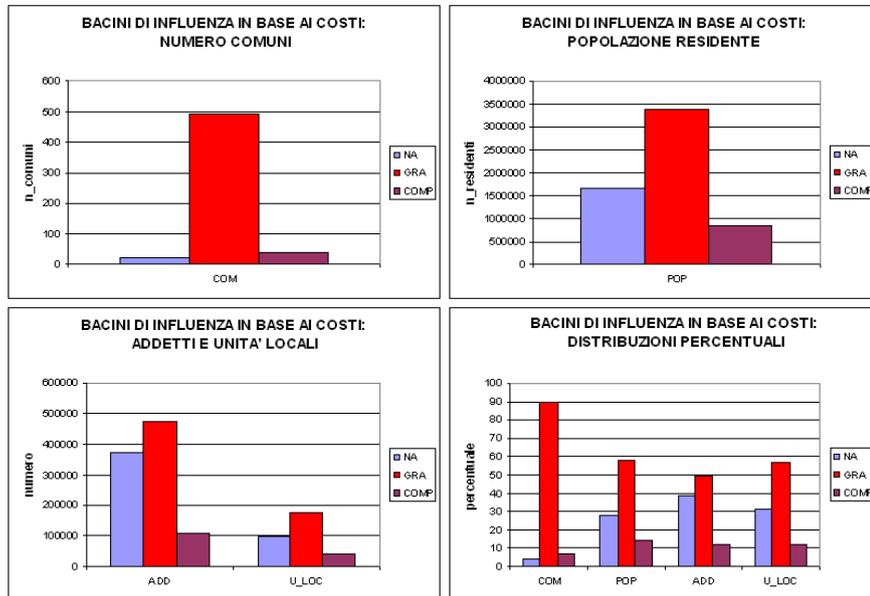


Figura 3.28 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (C) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino - Grazzanise)

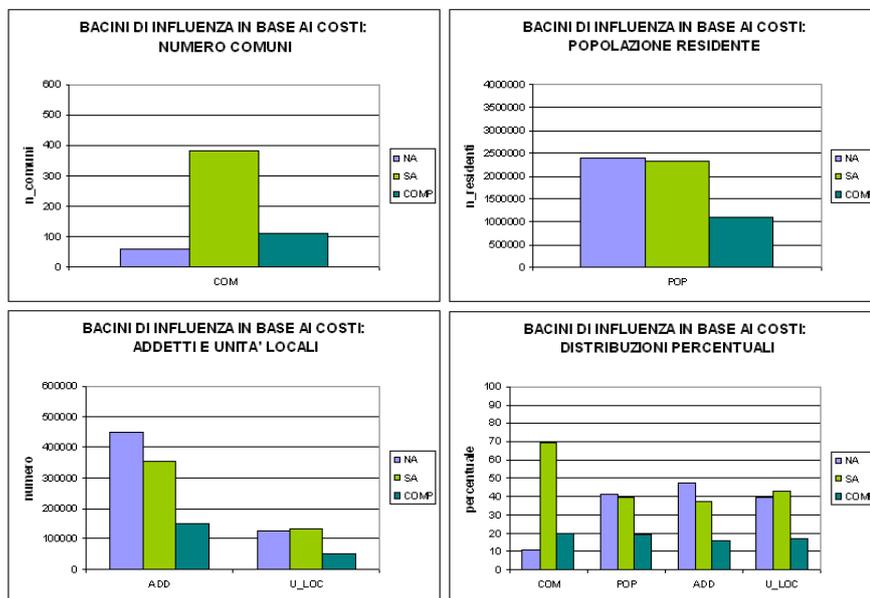


Figura 3.29 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (C) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino - Salerno C. Amalfi)

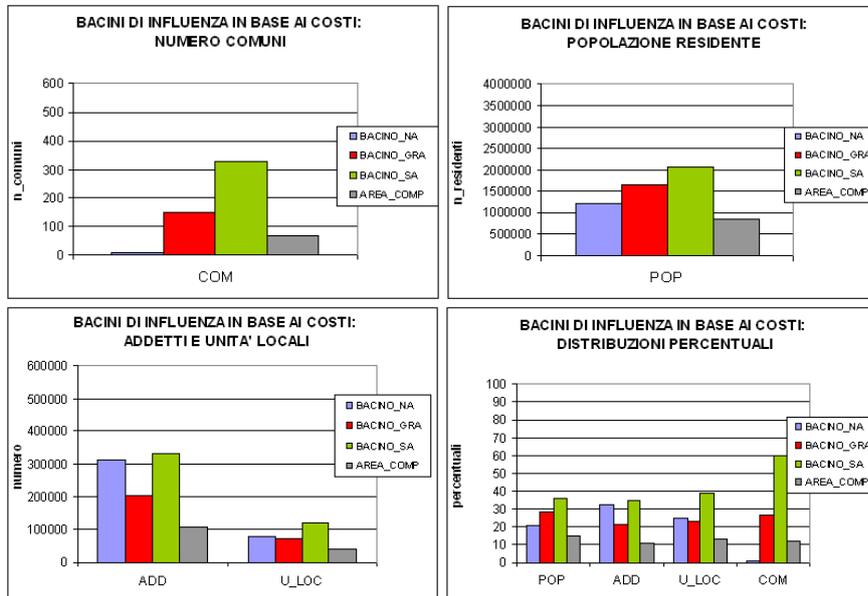


Figura 3.30 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (C) comprese nei bacini di influenza (competizione tra tre aeroporti)

Partendo dalle analisi numeriche sulle fasce di incertezza nelle varie configurazioni possibili per gli aeroporti campani è stato possibile eseguire un confronto diretto numerico e grafico sulla dimensione di tali aree di competizione.

In tab. 3.47 è riportato il numero delle opportunità comprese nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione possibili, in tab. 3.48 è invece riportata la percentuale di ciascuna opportunità compresa nella fascia di incertezza rispetto alle opportunità totali della Campania in tutti i possibili scenari di competizione.

In fig. 3.31 sono riportati i confronti grafici relativi al numero ed alla percentuale di opportunità rispetto al totale regionale comprese nella fascia di incertezza, in tutti i possibili scenari di competizione tra aeroporti.

Fatta eccezione per lo scenario, peraltro improbabile, di competizione esclusiva tra Capodichino e Grazzanise, si riscontra che un numero significativo di comuni, variabile tra 61 a 109 è compreso nella fascia di incertezza. I residenti la cui scelta non è chiaramente definita, sulla base dei costi generalizzati variano da circa 610,000 a circa 1,118,000. Valori

importanti si registrano anche per gli addetti con un range che varia da circa 76,000 a circa 150,000. Lo scenario dove tale fascia si massimizza è quello di competizione tra Capodichino e Salerno, attualmente il più probabile.

Le considerazioni sulle politiche da attuare per il miglioramento del livello di servizio in aeroporto ed in accesso ad esso sono analoghe a quanto visto per i tempi di viaggio.

Tabella 3.47 Numero di opportunità compreso nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione (C)

	COM	RES	ADD	U_LOC
TRE AEROP	67	857532	105716	40687
NA-GRA	36	827809	109612	38961
NA-SA	109	1117644	150029	53169
SA-GRA	61	609545	76162	31690

Tabella 3.48 Percentuali di opportunità (rispetto al totale regionale) compreso nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione (C)

	COM %	RES %	ADD %	U_LOC %
TRE AEROP	12.15971	14.69873	11.09311	13.02935
NA-GRA	6.533575	14.18925	11.50193	12.47662
NA-SA	19.78221	19.15724	15.74301	17.0265
SA-GRA	11.07078	10.44805	7.991916	10.1482

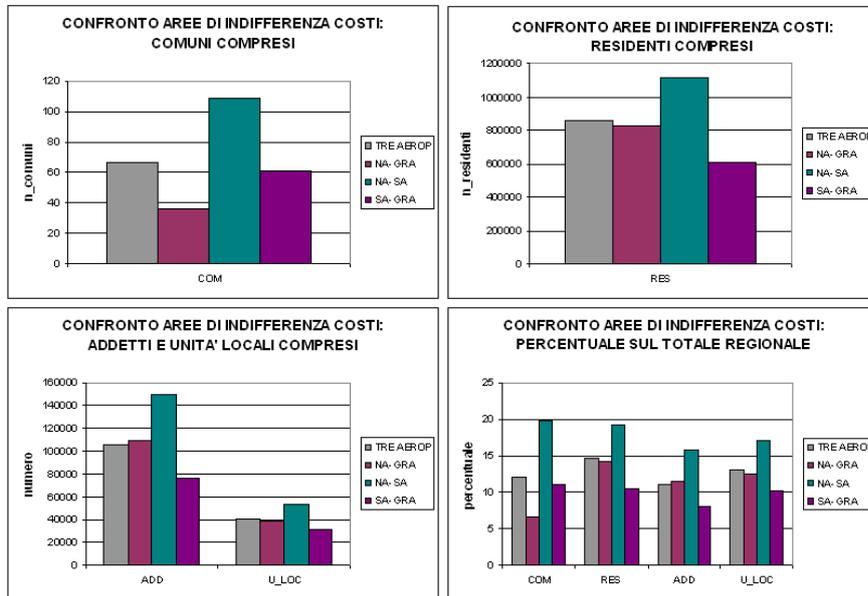


Figura 3.31 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (C) comprese nella fascia di incertezza (tutti gli scenari di competizione tra aeroporti)

Analisi sulla base delle utilità sistematiche:

Nelle tabelle da 3.49 a 3.52 sono riportate le suddivisioni percentuali delle opportunità tra i bacini di influenza degli aeroporti e l'area di incertezza nel caso di competizione tra due qualsiasi degli aeroporti regionali e nel caso di simultanea presenza e competizione tra i tre scali che rappresentano il sistema aeroportuale campano.

Nelle figure da 3.32 a 3.35 sono riportati i confronti grafici relativi alla distribuzione delle opportunità nei vari scenari di competizione tra gli aeroporti campani.

Tabella 3.49 Opportunità comprese nei diversi bacini (U): distribuzione percentuale (Grazzanise – Salerno C. Amalfi)

	Bacino_GRA %	Bacino_SA %	Area_Comp %
N_COMUNI	27.8	56.8	15.4
POP	50.6	36.2	13.2
ADD	55.2	35.1	9.7
U_LOC	48.2	39.4	12.4

Tabella 3.50 Opportunità comprese nei diversi bacini (U): distribuzione percentuale (Capodichino - Grazzanise)

	Bacino_NA %	Bacino_GRA %	Area_Comp %
N_COMUNI	4.2	92.0	3.8
POP	28.2	63.1	8.6
ADD	38.9	53.3	7.8
U_LOC	31.1	61.0	7.9

Tabella 3.51 Opportunità comprese nei diversi bacini (U): distribuzione percentuale (Capodichino – Salerno C. Amalfi)

	Bacino_NA %	Bacino_SA %	Area_Comp %
N_COMUNI	8.7	73.1	18.1
POP	37.1	45.2	17.8
ADD	44.2	40.9	14.9
U_LOC	36.5	48.2	15.3

Tabella 3.52 Opportunità comprese nei diversi bacini (U): distribuzione percentuale (Tre Aeroporti)

	Bacino_NA %	Bacino_GRA %	Bacino_SA %	Area_Comp %
N_COMUNI	0.9	26.3	56.6	16.2
POP	20.0	29.0	35.2	15.7
ADD	32.0	21.5	34.5	11.9
U_LOC	23.5	23.6	38.7	14.3

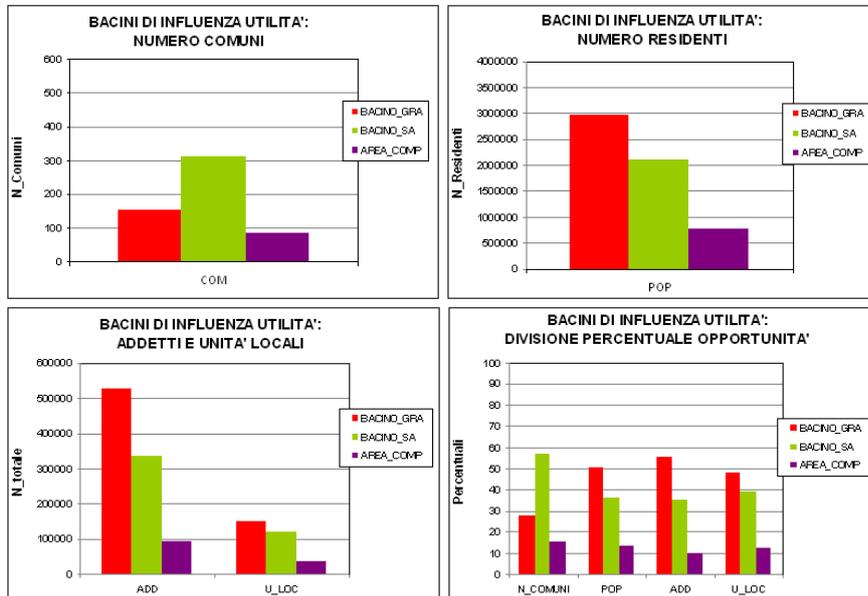


Figura 3.32 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (U) comprese nei bacini di influenza (competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi)

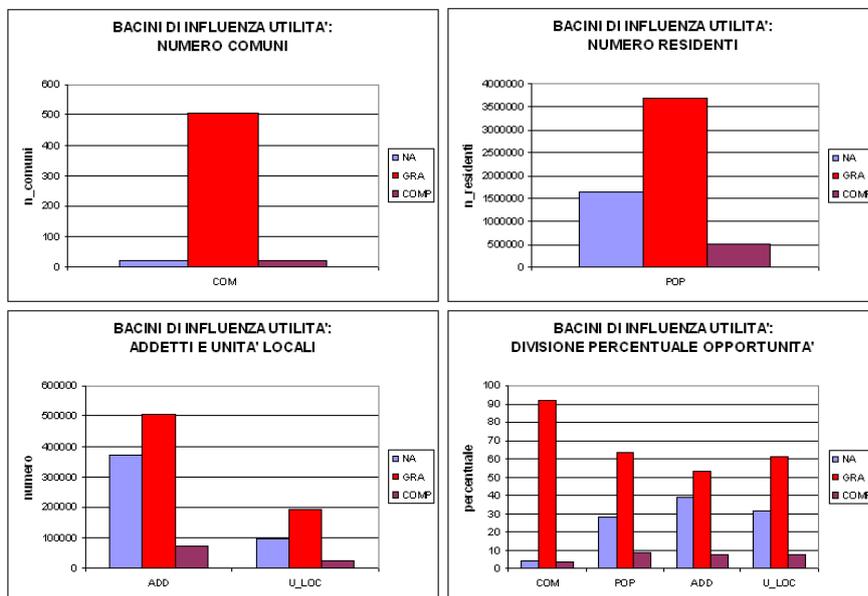


Figura 3.33 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (U) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino - Grazzanise)

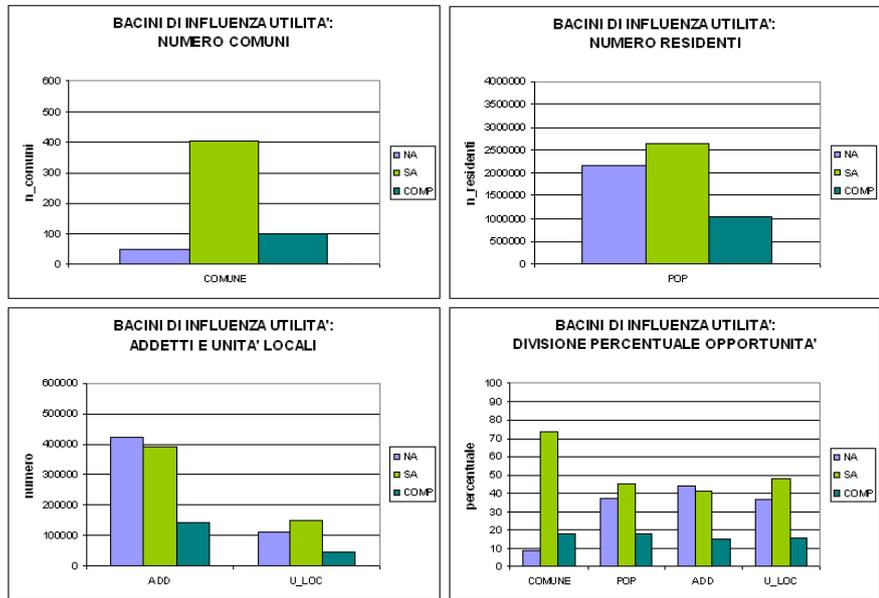


Figura 3.34 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (U) comprese nei bacini di influenza (competizione Capodichino – Salerno C. Amalfi)

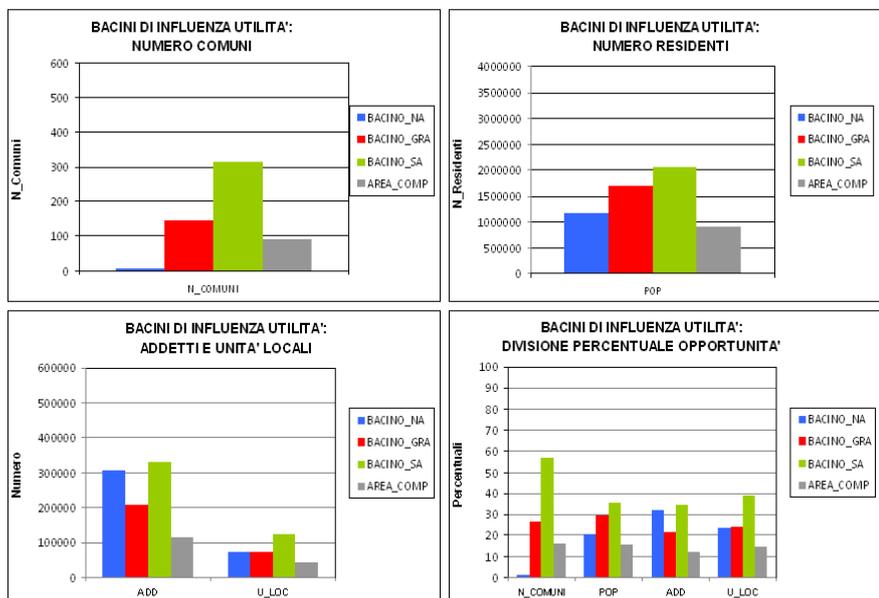


Figura 3.35 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (U) comprese nei bacini di influenza (competizione tra tre aeroporti)

Partendo dalle analisi numeriche sulle fasce di incertezza nelle varie configurazioni possibili per gli aeroporti campani è stato possibile eseguire un confronto diretto numerico e grafico sulla dimensione di tali aree di competizione.

In tab. 3.53 è riportato il numero delle opportunità comprese nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione possibili, in tab. 3.54 è invece riportata la percentuale di ciascuna opportunità compresa nella fascia di incertezza rispetto alle opportunità totali della Campania in tutti i possibili scenari di competizione.

In fig. 3.36 sono riportati i confronti grafici relativi al numero ed alla percentuale di opportunità rispetto al totale regionale comprese nella fascia di incertezza, in tutti i possibili scenari di competizione tra aeroporti.

Fatta eccezione per lo scenario, peraltro improbabile, di competizione esclusiva tra Capodichino e Grazzanise, si riscontra che un numero significativo di comuni, variabile tra 85 e 100 è compreso nella fascia di incertezza. I residenti la cui scelta non è chiaramente definita, sulla base delle utilità sistematiche variano da circa 770,000 a circa 1,040,000. Valori importanti si registrano anche per gli addetti con un range che varia da circa 75,000 a circa 142,000. Lo scenario dove tale fascia si massimizza è quello di competizione tra Capodichino e Salerno, attualmente il più probabile.

Le considerazioni sulle politiche da attuare per il miglioramento del livello di servizio in aeroporto ed in accesso ad esso sono analoghe a quanto visto per gli altri indicatori.

Tabella 3.53 Numero di opportunità compreso nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione (U)

	COM	RES	ADD	U_LOC
TRE AEROP	89	914305	113622	44514
NA-GRA	21	503687	74604	24579
NA-SA	100	1037032	141786	47857
SA-GRA	85	768710	92638	38735

Tabella 3.54 Percentuali di opportunità (rispetto al totale regionale) comprese nella fascia di incertezza per ciascuno degli scenari di competizione (U)

	COM %	RES %	ADD %	U_LOC %
TRE AEROP	16.2	15.7	11.9	14.3
NA-GRA	3.8	8.6	7.8	7.9
NA-SA	18.1	17.8	14.9	15.3
SA-GRA	15.4	13.2	9.7	12.4

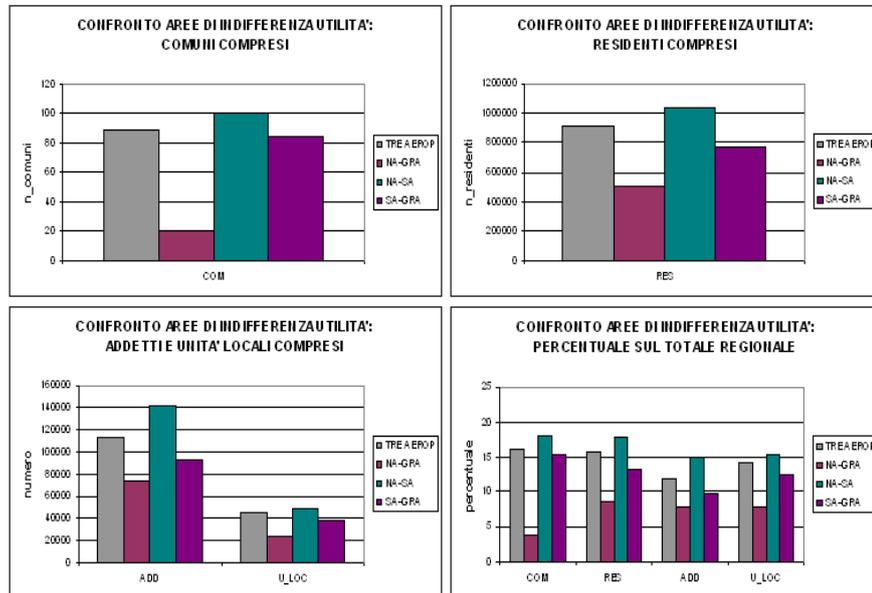


Figura 3.36 Numero di opportunità e percentuali di opportunità (U) comprese nella fascia di incertezza (tutti gli scenari di competizione tra aeroporti)

3.5.2 indicatori ridotti “con alfa”

Nel presente paragrafo si metteranno a confronto i principali indicatori di accessibilità tenendo conto dell’effetto di Capodichino sul confronto competitivo tra Grazzanise e Salerno.

L’effetto di smoothing è stato simulato introducendo degli opportuni coefficienti di riduzione (α) calcolati a partire dai valori elementari di accessibilità mediati sui tre aeroporti campani. I coefficienti di riduzione sono stati calcolati sulla base dei tempi di accesso, dei costi generalizzati, delle utilità sistematiche e delle probabilità di scelta.

Più nel dettaglio, per ciascun comune della Campania:

$$\alpha(t) = (1/t) / \Sigma (1/t)$$

$$\alpha(c) = (1/c) / \Sigma (1/c)$$

$$\alpha(v) = (1/v) / \Sigma (1/v)$$

$$\alpha(p) = p$$

dove la sommatoria è estesa alle tre scelte possibili degli aeroporti.

Tempo di accesso:

Nella sezione dedicata ai tempi di accesso sono analizzati tutti gli effetti dello smoothing sui tempi medi di viaggio invertiti e pesati per le varie opportunità e sull’indicatore pop/t ; la riduzione sui valori pesati non è stata fatta mediante i coefficienti funzione del tempo, altrimenti gli indicatori avrebbero assunto valori coincidenti.

Per un confronto visivo immediato sono stati inseriti in forma di tabella ed in forma grafica anche i dati relativi agli indicatori non ridotti.

In tab. 3.55 sono riportate le differenze percentuali tra i tempi di viaggio invertiti e pesati per le varie opportunità di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise, con riduzione e senza, in tab. 3.56 sono riportate le analoghe differenze per l’indicatore pop/t .

Nella figura 3.37 sono riportate le elaborazioni grafiche relative ai valori assunti dai tempi di viaggio invertiti e pesati, con riduzione e senza, ed alle differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.

In fig. 3.38 sono riportate le analoghe elaborazioni grafiche per l’indicatore pop/t .

Tabella 3.55 Tempi di viaggio invertiti pesati ridotti e non ridotti: differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise

	1/T_Com	1/T_Res	1/T_Res& Red	1/T_Add	1/T_Uloc
A (c)	4.6	6.9	25.9	37.9	34.4
A (u)	-4.5	-0.2	16.5	26.4	23.6
P	25.0	4.1	29.5	55.1	47.7
senza α	-1.8	-4.8	2.8	5.7	6.2

Tabella 3.56 Indicatore Pop/t invertiti pesato ridotto e non ridotto: differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise

POP/T_S(I)	POP/T_S (C)	POP/T_S(U)	POP/T_S(P)	POP/T
0.063527	6.895676	-0.20769	4.122731	-4.78779

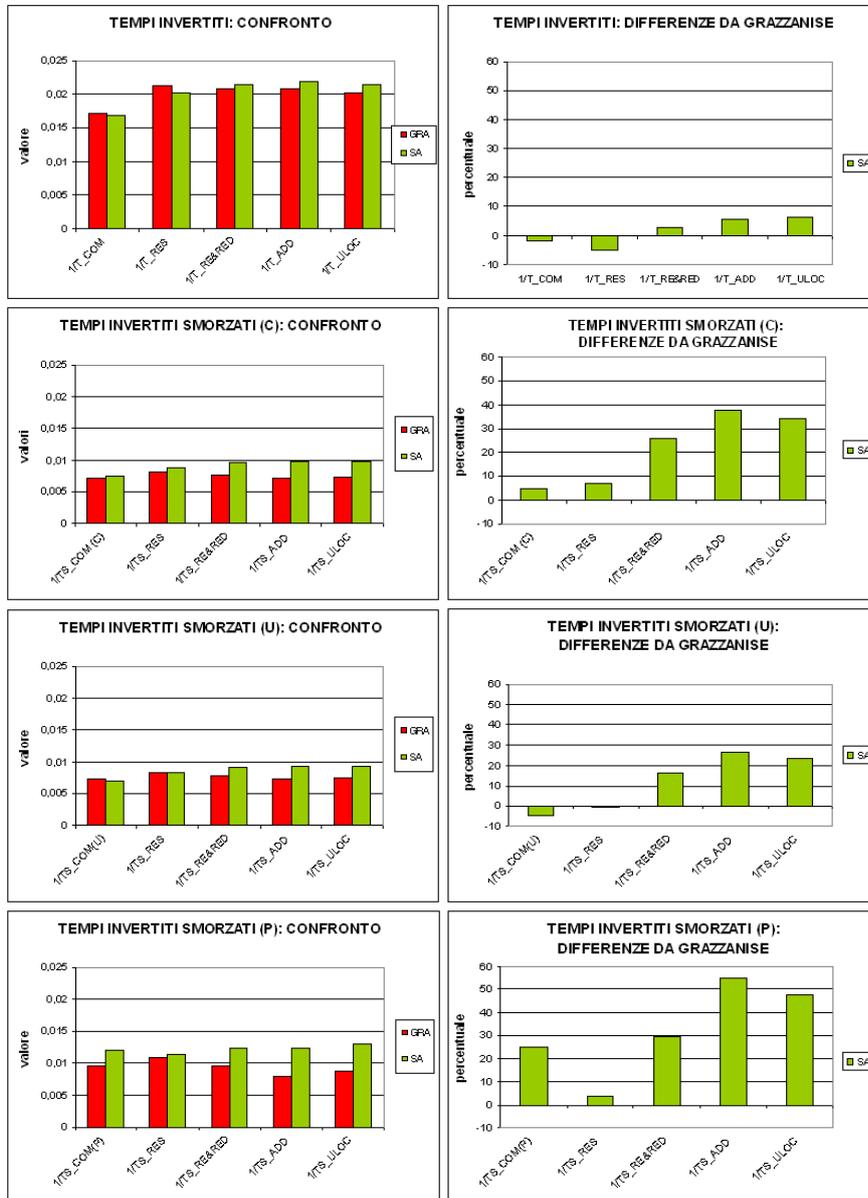


Figura 3.37 Confronto grafico tra i tempi invertiti pesati non ridotti e ridotti mediante i coefficienti di smoothing. Confronto tra le variazioni percentuali degli indicatori non ridotti e ridotti di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.

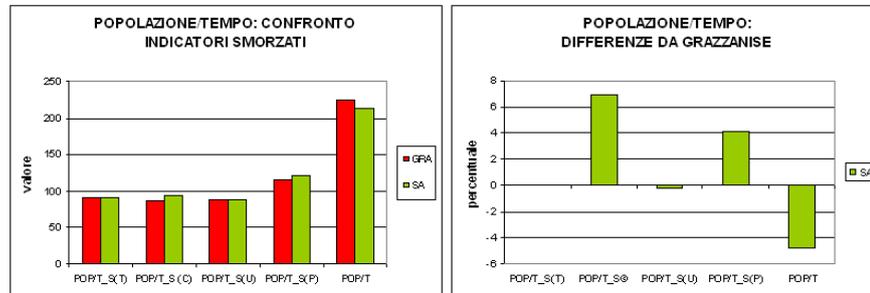


Figura 3.38 Confronto grafico tra i valori assunti dall'indicatore pop/t non ridotti e ridotti mediante i coefficienti di smoothing. Confronto tra le variazioni percentuali degli indicatori non ridotti e ridotti di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.

Costo generalizzato:

Nella sezione dedicata ai costi generalizzati sono analizzati tutti gli effetti dello smoothing sui costii medi di viaggio invertiti e pesati per le varie opportunità e sull'indicatore costo/t; la riduzione sui valori pesati non è stata fatta mediante i coefficienti funzione del costo, altrimenti gli indicatori avrebbero assunto valori coincidenti.

Per un confronto visivo immediato sono stati inseriti in forma di tabella ed in forma grafica anche i dati relativi agli indicatori non ridotti.

In tab. 3.57 sono riportate le differenze percentuali tra i costi generalizzati invertiti e pesati per le varie opportunità di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise, con riduzione e senza, in tab. 3.58 sono riportate le analoghe differenze per l'indicatore costo/t.

Nella figura 3.39 sono riportate le elaborazioni grafiche relative ai valori assunti dai costi generalizzati invertiti e pesati, con riduzione e senza, ed alle differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.

In fig. 3.40 sono riportate le analoghe elaborazioni grafiche per l'indicatore costo/t..

Tabella 3.57 Costi generalizzati invertiti pesati ridotti e non ridotti: differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise

	1/Co_com	1/Co_pop	1/Co_pop_re	1/Co_add	1/Co_uloc
$\alpha(t)$	20.9	20.3	41.1	53.1	50.3
$\alpha(u)$	19.8	19.1	38.1	48.5	46.4
$\alpha(p)$	61.6	28.7	59.8	92.5	82.9
senza α	14.3	6.1	14.1	16.7	18.1

Tabella 3.58 Indicatore Costo/t invertiti pesato ridotto e non ridotto: differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise

Costo (I)	costo/T_S (C)	Costo/T_S(U)	Costo/T_S(P)	Costo/T
-6.5	-0.22642	6.6	-1.5	60.2

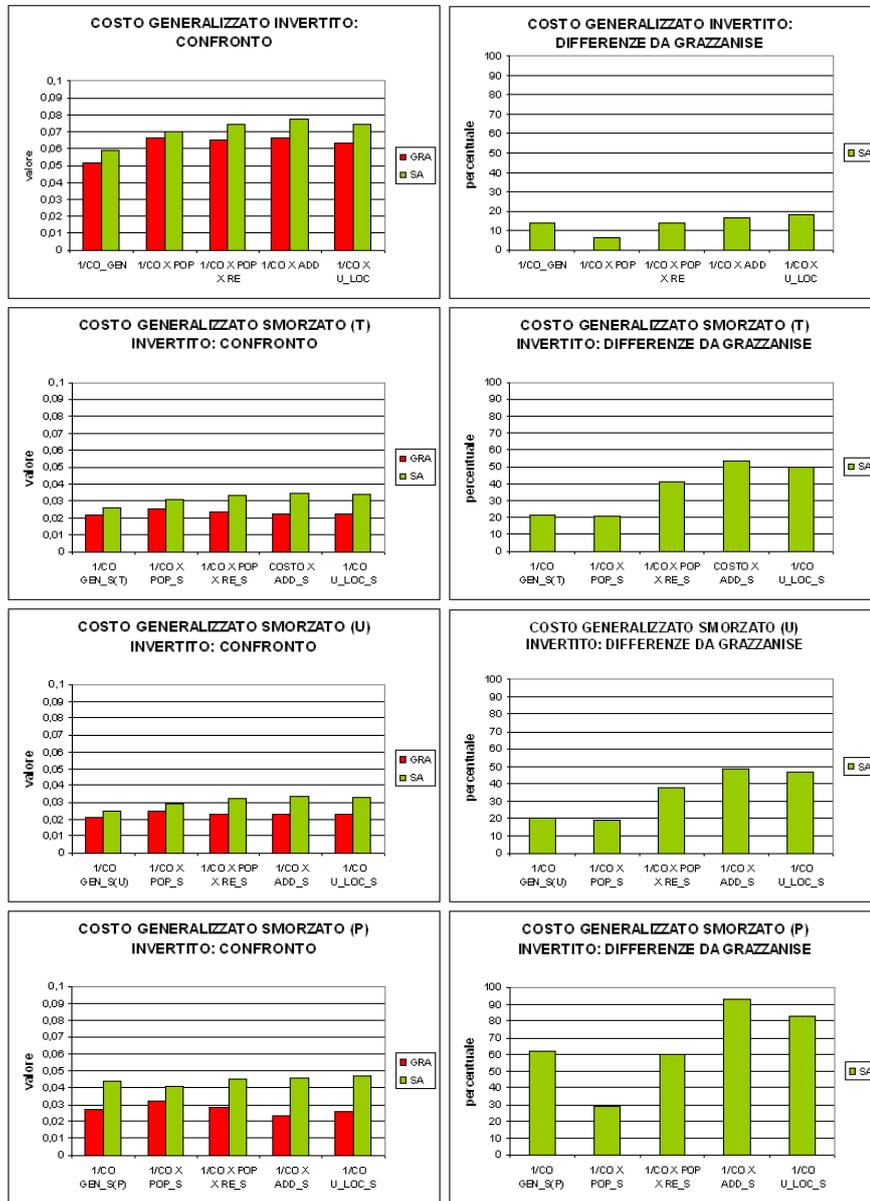


Figura 3.39 Confronto grafico tra i costi generalizzati pesati non ridotti e ridotti mediante i coefficienti di smoothing. Confronto tra le variazioni percentuali degli indicatori non ridotti e ridotti di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.

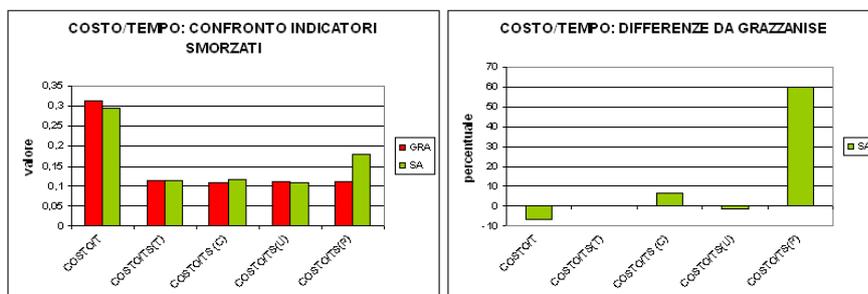


Figura 3.40 Confronto grafico tra i valori assunti dall'indicatore costo/t non ridotti e ridotti mediante i coefficienti di smoothing. Confronto tra le variazioni percentuali degli indicatori non ridotti e ridotti di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.

Utilità sistematica:

Nella sezione dedicata all'utilità sistematica sono analizzati tutti gli effetti dello smoothing sulle utilità pesate per le varie opportunità; la riduzione sui valori pesati non è stata fatta mediante i coefficienti funzione dell'utilità stessa, altrimenti gli indicatori avrebbero assunto valori coincidenti.

Per un confronto visivo immediato sono stati inseriti in forma di tabella ed in forma grafica anche i dati relativi agli indicatori non ridotti.

In tab. 3.59 sono riportate le differenze percentuali tra le utilità pesate per le varie opportunità di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise, con riduzione e senza.

Nella figura 3.41 sono riportate le elaborazioni grafiche relative ai valori assunti dalle utilità invertite e pesate, con riduzione e senza, ed alle differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.

Tabella 3.59 Utilità sistematiche pesate ridotte e non ridotte: differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise

	V_com	V_pop	V_pop_re	V_add	V_uloc
α (t)	2.9	-0.3	0.1	0.5	0.9
α (c)	9.4	3.7	4.0	5.2	5.3
α (p)	126.4	30.0	35.3	53.2	60.4
senza α	-11.4	2.4	0.6	-0.2	-2.6

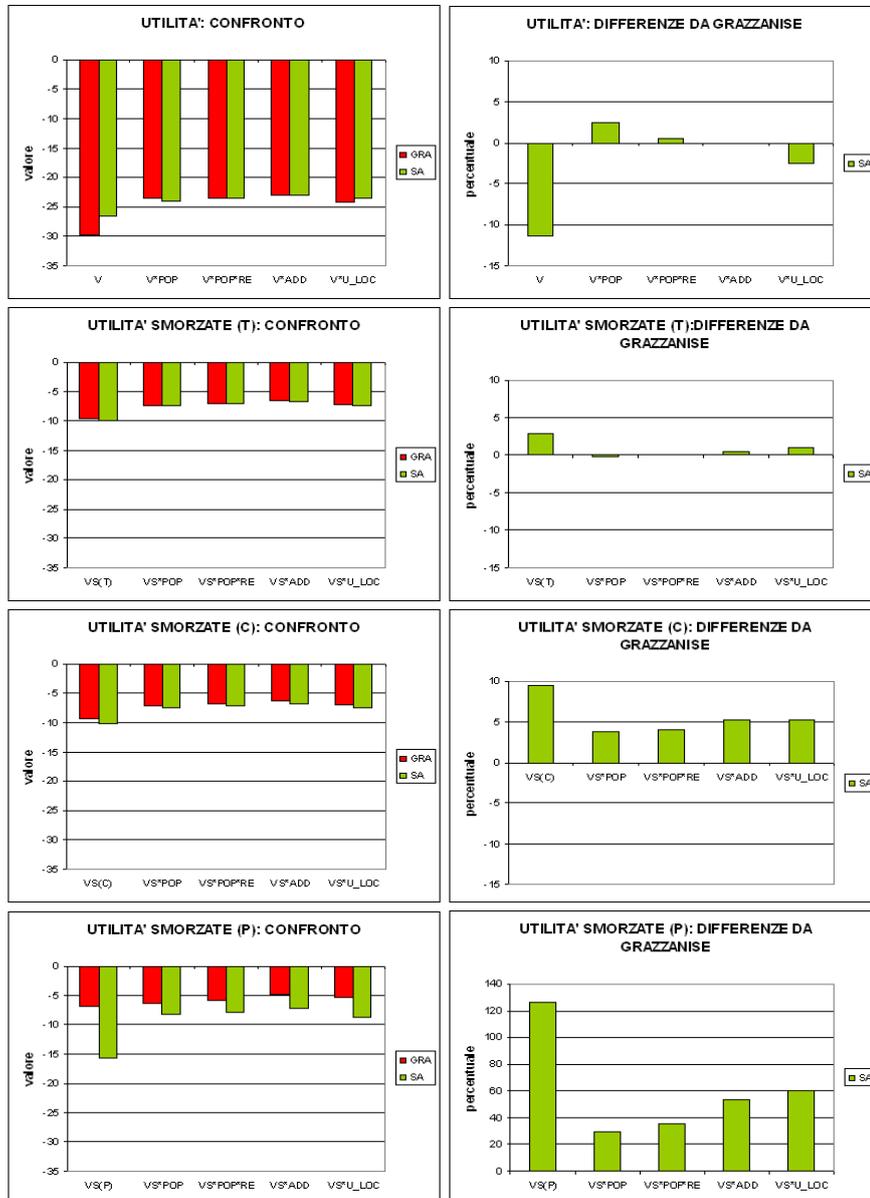


Figura 3.41 Confronto grafico tra le utilità sistematiche pesate non ridotte e ridotte mediante i coefficienti di smoothing. Confronto tra le variazioni percentuali degli indicatori non ridotti e ridotti di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise.

Considerazioni conclusive:

Sulla base di un confronto numerico e visivo tra le elaborazioni in forma di tabella ed in forma grafica, risulta che l'effetto di smoothing provocato da Capodichino, influenza più negativamente le performance di Grazzanise rispetto a quanto risulta per Salerno C. Amalfi.

Tale conclusione teorica si evince soprattutto dalle differenze percentuali che aumentano sistematicamente a favore di Salerno C. Amalfi in tutte le analisi sugli indicatori considerati; il risultato delle elaborazioni conferma inoltre una evidenza intuitiva, in quanto lo scalo di Grazzanise è più vicino a Napoli e pertanto, è maggiormente influenzato dalla presenza di Capodichino.

3.6 SCENARIO 4: ANALISI DI EQUITÀ

3.6.1 Tempi di accesso

L'analisi di equità è stata condotta considerando la soglia temporale di 90 minuti, sono state calcolate, nell'ambito di tale soglia di accesso al sistema aeroportuale, il numero di opportunità che possono essere raggiunte e il numero di residenti che può avere accesso al sistema stesso. Al fine di esprimere numericamente i concetti espressi sopra è definito un opportuno indice di misura:

- *indice di equità*: numero di opportunità raggiungibili in 90 min / numero di opportunità totali della Campania;

L'indice sopra riportato è espresso in forma percentuale.

In tabella 3.60 è riportato il numero delle opportunità che può raggiungere il sistema aeroportuale nell'intervallo di 90 minuti di viaggio, sono state esaminate le varie configurazioni possibili; a tal riguardo si ricorda che l'analisi di equità viene condotta preliminarmente per valutare le eventuali criticità del sistema aeroportuale attuale, pertanto è stato ritenuto poco utile proporre lo scenario Grazzanise – Salerno, improbabile a breve scadenza.

In figura 3.42 sono riportati in forma grafica rispettivamente il numero di comuni (grafico 1), il numero di residenti (grafico 2), il numero di addetti e unità locali (grafico 3) che hanno accesso al sistema considerato, nella

soglia di tempo stabilita, oltre agli indici percentuali di equità (grafico 4) per le varie configurazioni possibili.

Tabella 3.60 Opportunità raggiungibili in 90 min. di tempo di accesso

SISTEMA AEROPORTUALE	COM	RES	ADD	U_LOC
NA-GRA	334	5031365	838567	264445
NA-SA	468	5533099	916848	295162
TRE AEROPORTI	491	5612388	924593	299225

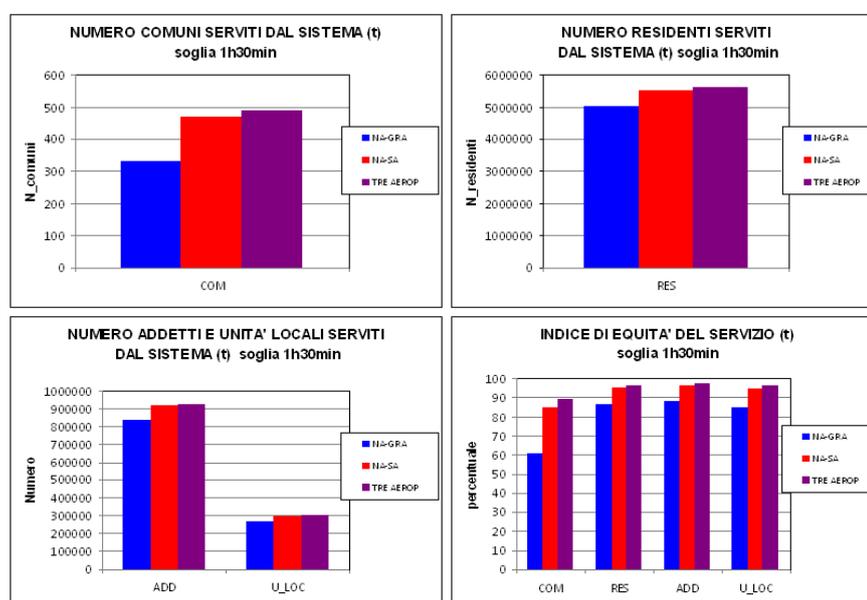


Figura 3.42 Opportunità raggiungibili in 90 min di tempo di accesso e indici di equità

3.6.2 Costi generalizzati

L'analisi di equità è stata eseguita considerando la soglia di costo complessivo di 30 euro, sono state calcolate, nell'ambito di tale soglia di accesso al sistema aeroportuale, il numero di opportunità che possono essere raggiunte e il numero di residenti che può avere accesso al sistema stesso.

Al fine di esprimere numericamente i concetti espressi sopra è definito un opportuno indice di misura:

- *indice di equità*: numero di opportunità raggiungibili con 30 euro / numero di opportunità totali della Campania;

l'indice sopra riportato è espresso in forma percentuale.

In tabella 3.61 è riportato il numero delle opportunità raggiungibili dal sistema aeroportuale nella soglia di costo generalizzato del viaggio di 30 euro, sono state esaminate le varie configurazioni possibili.

In figura 3.43 sono riportati in forma grafica rispettivamente il numero di comuni (grafico 1), il numero di residenti (grafico 2), il numero di addetti e unità locali (grafico 3) che hanno accesso al sistema considerato, nella soglia di costo stabilita, oltre agli indici percentuali di equità (grafico 4) per le varie configurazioni possibili.

Tabella 3.61 Opportunità raggiungibili con 30 euro di costo di accesso

SISTEMA AEROPORTUALE	COM	RES	ADD	U_LOC
NA-GRA	364	5164086	857102	270991
NA-SA	492	5603067	925419	299068
TRE AEROPORTI	513	5656490	930227	301912

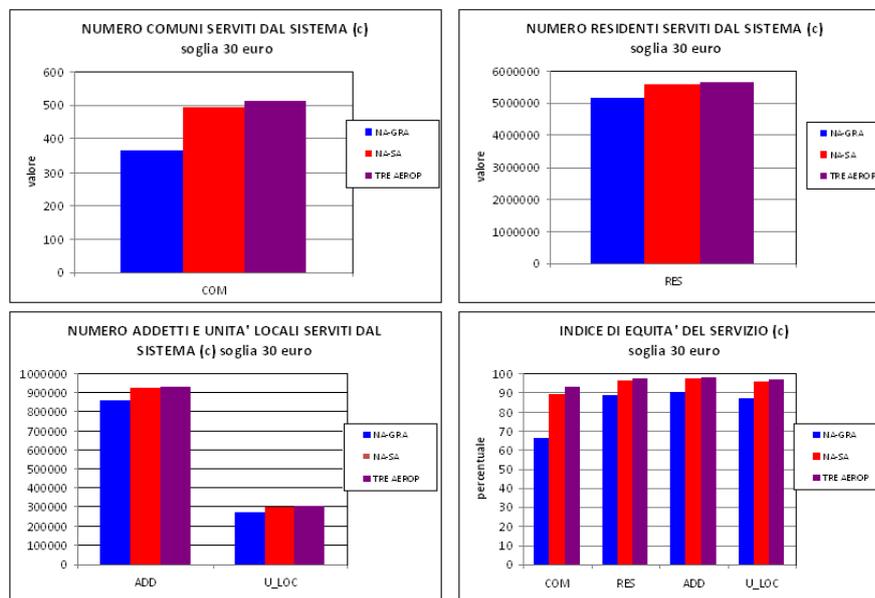


Figura 3.43 Opportunità raggiungibili con un costo di accesso di 30 euro e indici di equità

3.6.3 Utilità sistematica

L'analisi di complementarità è stata condotta considerando la soglia di utilità sistematica di -30, sono state calcolate, nell'ambito di tale soglia di accesso al sistema aeroportuale, il numero di opportunità che possono essere raggiunte e il numero di residenti che può avere accesso al sistema stesso. Tale soglia è stata scelta per l'analogia delle utilità sistematiche con i costi generalizzati, anche se con segno invertito.

Al fine di esprimere numericamente i concetti espressi sopra è definito un opportuno indice di misura:

- *indice di equità*: numero di opportunità raggiungibili con valore di utilità sistematica più bassa in modulo di 30 / numero di opportunità totali della Campania;

L'indice sopra riportato è espresso in forma percentuale.

In tabella 3.62 è riportato il numero delle opportunità che possono raggiungere il sistema aeroportuale con valore di soglia di utilità sistematica pari a -30, sono state esaminate le varie configurazioni possibili.

In figura 3.44 sono riportati in forma grafica rispettivamente il numero di comuni (grafico 1), il numero di residenti (grafico 2), il numero di addetti e unità locali (grafico 3) che hanno accesso al sistema considerato, nella soglia di utilità considerata, oltre agli indici percentuali di equità (grafico 4) per le varie configurazioni possibili.

Tabella 3.62 Opportunità raggiungibili con soglia di utilità sistematica di accesso pari a -30

SISTEMA AEROPORTUALE	COM	RES	ADD	U_LOC
NA-GRA	282	4640813	784230	244534
NA-SA	417	5368962	896803	285482
TRE AEROPORTI	452	5478546	906226	291317

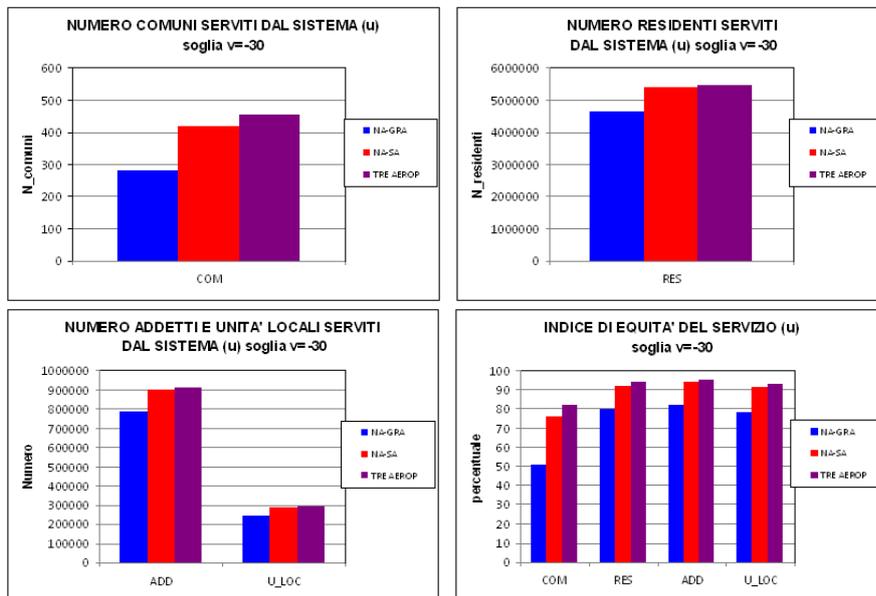


Figura 3.44 Opportunità raggiungibili con un valore di soglia di utilità sistematica pari a -30 e indici di equità

3.7 SCENARIO 5: ANALISI DI COMPLEMENTARIETÀ

3.7.1 Tempi di accesso

L'analisi di complementarietà è stata condotta considerando la soglia temporale di un'ora, sono state calcolate, nell'ambito di tale soglia di accesso al sistema aeroportuale, il numero di opportunità che possono essere raggiunte e il numero di residenti che può avere accesso al sistema stesso.

Al fine di esprimere numericamente i concetti espressi sopra è definito un opportuno indice di misura:

- *indice di complementarietà*: numero di opportunità raggiungibili in 1h / numero di opportunità totali della Campania;

l'indice sopra riportato è espresso in forma percentuale.

In tabella 3.63 è riportato il numero delle opportunità che possono raggiungere il sistema aeroportuale nell'intervallo di un ora di viaggio, sono state esaminate le varie configurazioni possibili.

In figura 3.45 sono riportati in forma grafica rispettivamente il numero di comuni (grafico 1), il numero di residenti (grafico 2), il numero di addetti e unità locali (grafico 3) che hanno accesso al sistema considerato, nella soglia di tempo stabilita, oltre agli indici percentuali di complementarità (grafico 4) per le varie configurazioni possibili.

Tabella 3.63 Opportunità raggiungibili in 1h di tempo di accesso

SISTEMA AEROPORTUALE	COM	RES	ADD	U_LOC
NA-GRA	175	3469973	609353	176518
NA-SA	229	4097843	728175	219605
GRA-SA	307	4795438	823188	253914
TRE AEROPORTI	307	4795438	823188	253914

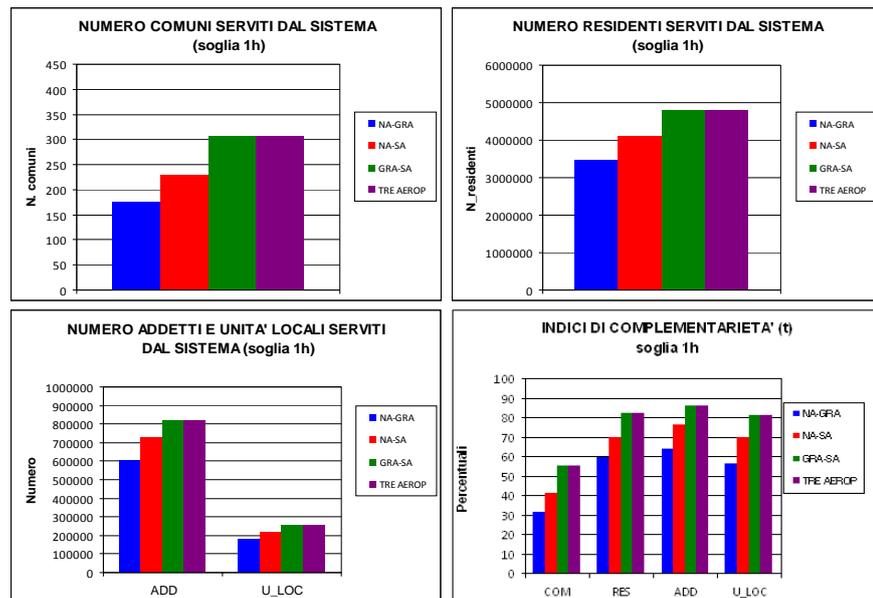


Figura 3.45 Opportunità raggiungibili in 1h di tempo di accesso e indici di complementarità

3.7.2 Costi generalizzati

L'analisi di complementarietà è stata eseguita considerando la soglia di costo complessivo di 20 euro, sono state calcolate, nell'ambito di tale soglia di accesso al sistema aeroportuale, il numero di opportunità che possono essere raggiunte e il numero di residenti che può avere accesso al sistema stesso.

Al fine di esprimere numericamente i concetti espressi sopra è definito un opportuno indice di misura:

- *indice di complementarietà*: numero di opportunità raggiungibili con 20 euro / numero di opportunità totali della Campania;

l'indice sopra riportato è espresso in forma percentuale.

In tabella 3.64 è riportato il numero delle opportunità che possono raggiungere il sistema aeroportuale nella soglia di costo generalizzato del viaggio di 20 euro, sono state esaminate le varie configurazioni possibili.

In figura 3.46 sono riportati in forma grafica rispettivamente il numero di comuni (grafico 1), il numero di residenti (grafico 2), il numero di addetti e unità locali (grafico 3) che hanno accesso al sistema considerato, nella soglia di costo stabilita, oltre agli indici percentuali di complementarietà (grafico 4) per le varie configurazioni possibili.

Tabella 3.64 Opportunità raggiungibili con 20 euro di costo di accesso

SISTEMA AEROPORTUALE	COM	RES	ADD	U_LOC
NA-GRA	190	3714300	640676	188649
NA-SA	318	4693049	815335	249037
GRA-SA	385	5135487	882982	272477
TRE AEROPORTI	387	5224008	893239	276582

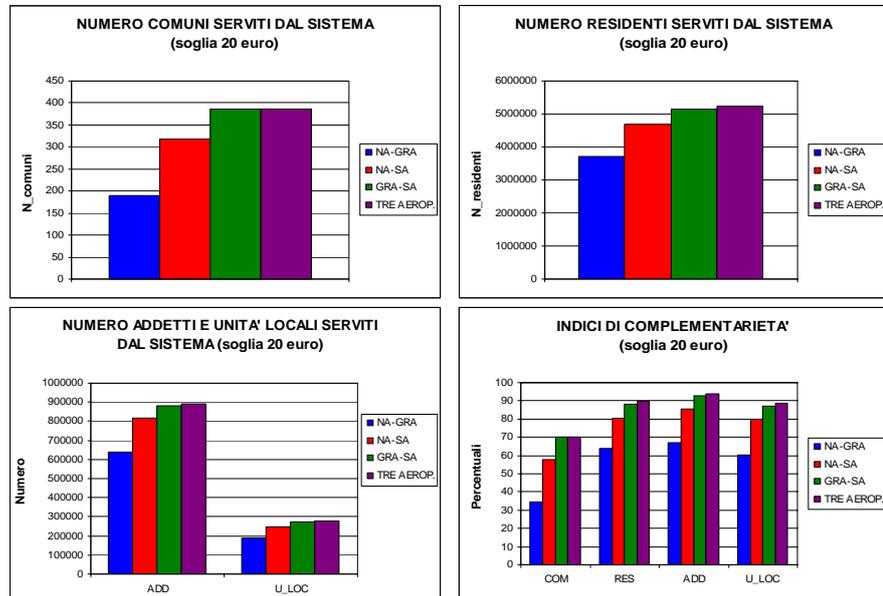


Figura 3.46 Opportunità raggiungibili con un costo di accesso di 20 euro e indici di complementarità

3.7.3 Utilità sistemática

L'analisi di complementarità è stata condotta considerando la soglia di utilità sistemática di -21,8, sono state calcolate, nell'ambito di tale soglia di accesso al sistema aeroportuale, il numero di opportunità che possono essere raggiunte e il numero di residenti che può avere accesso al sistema stesso.

Al fine di esprimere numericamente i concetti espressi sopra è definito un opportuno indice di misura:

- *indice di complementarità*: numero di opportunità raggiungibili con valore di utilità sistemática più bassa in modulo di 21,8 / numero di opportunità totali della Campania;

l'indice sopra riportato è espresso in forma percentuale.

In tabella 3.65 è riportato il numero delle opportunità che può raggiungere il sistema aeroportuale con valore di soglia di utilità sistemática paria a -21,8, sono state esaminate le varie configurazioni possibili.

Il valore di soglia di $v = -21.8$ è stato ottenuto facendo una proporzione tra il valore massimo dei costi generalizzati e il valore di 20 euro scelto come soglia e dividendo il valore massimo delle utilità per il rapporto ottenuto.

In figura 3.47 sono riportati in forma grafica rispettivamente il numero di comuni (grafico 1), il numero di residenti (grafico 2), il numero di addetti e unità locali (grafico 3) che hanno accesso al sistema considerato, nella soglia di utilità considerata, oltre agli indici percentuali di complementarità (grafico 4) per le varie configurazioni possibili.

Tabella 3.65 Opportunità raggiungibili con soglia di utilità sistematica di accesso pari a -21.8

SISTEMA AEROPORTUALE	COM	RES	ADD	U_LOC
NA-GRA	144	3091725	545558	157095
NA-SA	165	3467523	632784	188312
GRA-SA	251	4290674	751842	228835
TRE AEROPORTI	253	4312567	755293	229780

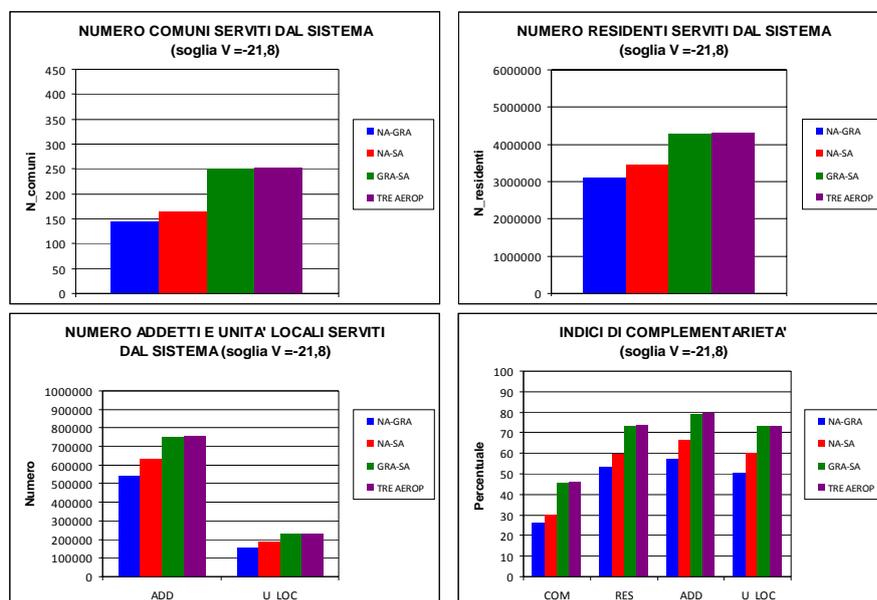


Figura 3.47 Opportunità raggiungibili con un valore di soglia di utilità sistematica pari a -21.8 e indici di complementarità

3.8 SCENARIO 6: ANALISI DI RIDONDANZA

3.8.1 Tempi di accesso

L'analisi di ridondanza è stata eseguita considerando la soglia temporale di un'ora, sono state calcolate, nell'ambito di tale soglia di accesso al sistema aeroportuale, il numero di opportunità che possono raggiungere più di un aeroporto e il numero di residenti che può avere accesso al sistema aeroportuale in modo ridondante.

Al fine di esprimere numericamente i concetti espressi sopra è definito un opportuno indice di misura:

- *indice di ridondanza*: numero di opportunità raggiungibili da più aeroporti in 1h / numero di opportunità raggiungibili in 1h da tutto il sistema aeroportuale;

nel caso del sistema a tre aeroporti, le opportunità che possono raggiungere tutti i terminali sono conteggiate due volte nella stima della ridondanza, non è stato altresì considerata ridondante la possibilità di raggiungere più aeroporti dal Capoluogo regionale, perché rappresenta il principale centro economico ed amministrativo dell'area di studio.

L'indice sopra riportato è espresso in forma percentuale.

In tabella 3.66 è riportato il numero delle opportunità raggiungibili da più di un aeroporto del sistema aeroportuale nell'intervallo di un ora di viaggio, sono state esaminate le varie configurazioni possibili.

In figura 3.48 sono riportati in forma grafica rispettivamente il numero di comuni (grafico 1), il numero di residenti (grafico 2), il numero di addetti e unità locali (grafico 3) che hanno accesso a più aeroporti del sistema considerato, nella soglia di tempo di un ora, oltre agli indici percentuali di ridondanza (grafico 4) per le varie configurazioni possibili.

Tabella 3.66 Opportunità che hanno accesso in 1h di tempo di viaggio a più aeroporti

SISTEMA AEROPORTUALE	COM	RES	ADD	U_LOC
NA-GRA	50	1208336	135296	46963
NA-SA	18	368529	44795	16273
GRA-SA	60	839561	127571	40266
TRE AEROPORTI	113	2168596	277919	94373

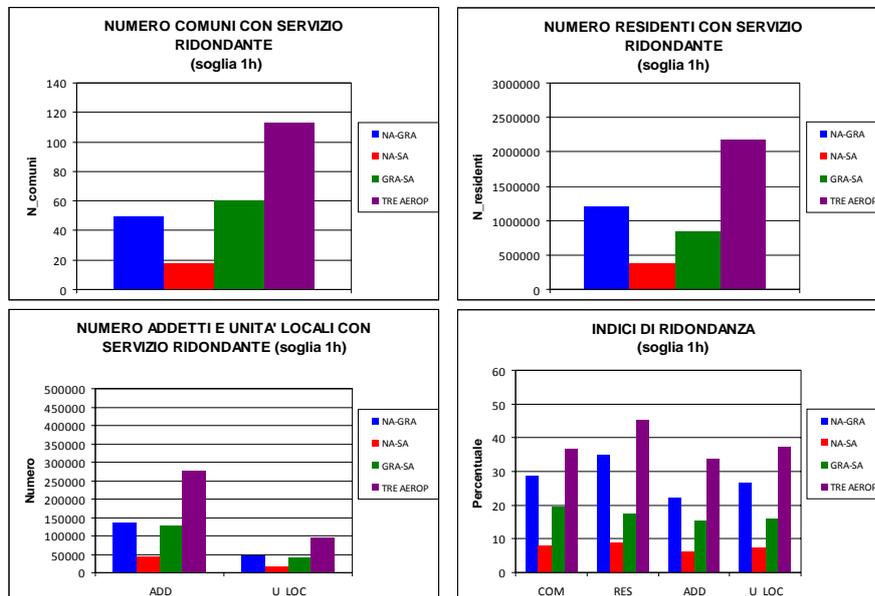


Figura 3.48 Opportunità che hanno accesso in 1h di tempo di viaggio a più aeroporti e indici di ridondanza

3.8.2 Costi generalizzati

L'analisi di ridondanza è stata condotta considerando la soglia di costo complessivo di 20 euro, sono state calcolate, nell'ambito di tale soglia di accesso al sistema aeroportuale, il numero di opportunità che possono raggiungere più di un aeroporto e il numero di residenti che può avere accesso al sistema stesso in modo ridondante.

Al fine di esprimere numericamente i concetti espressi sopra è definito un opportuno indice di misura:

- *indice di ridondanza*: numero di opportunità che possono raggiungere più aeroporti con 20 euro / numero di opportunità che possono raggiungere con un costo di 20 euro tutto il sistema aeroportuale;

nel caso del sistema a tre aeroporti, le opportunità che possono raggiungere tutti i terminali sono conteggiate due volte nella stima della ridondanza, non è stato altresì considerata ridondante la possibilità di raggiungere più aeroporti dal Capoluogo regionale, perché rappresenta il principale centro economico ed amministrativo dell'area di studio.

L'indice sopra riportato è espresso in forma percentuale.

In tabella 3.67 è riportato il numero delle opportunità che possono raggiungere più di un aeroporto del sistema considerato nella soglia di costo di 20 euro, sono state esaminate le varie configurazioni possibili.

In figura 3.49 sono riportati in forma grafica rispettivamente il numero di comuni (grafico 1), il numero di residenti (grafico 2), il numero di addetti e unità locali (grafico 3) che hanno accesso a più aeroporti del sistema considerato, nella soglia di costo considerata, oltre agli indici percentuali di ridondanza (grafico 4) per le varie configurazioni possibili.

Tabella 3.67 Opportunità raggiungibili con di costo di accesso di 20 euro da più aeroporti

SISTEMA AEROPORTUALE	COM	RES	ADD	U_LOC
NA-GRA	82	1741870	206953	71644
NA-SA	41	742549	97325	32605
GRA-SA	74	1999309	435921	115224
TRE AEROPORTI	120	2829700	366121	124549

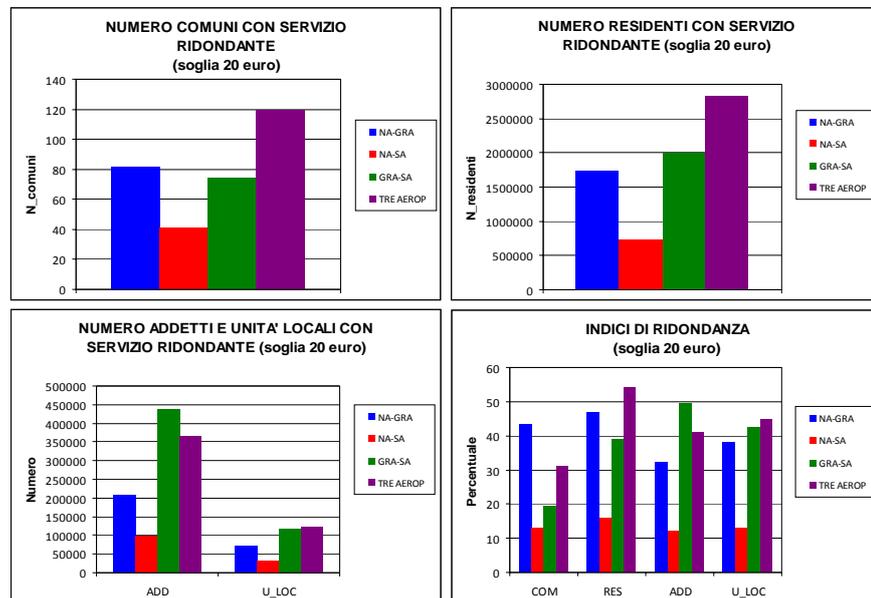


Figura 3.49 Opportunità raggiungibili da più aeroporti con un costo di accesso di 20 euro e indici di ridondanza

3.8.3 Utilità sistemática

L'analisi di ridondanza è stata eseguita considerando la soglia di utilità sistemática di -21.8, sono state calcolate, nell'ambito di tale soglia di accesso al sistema aeroportuale, il numero di opportunità che possono raggiungere più aeroporti e il numero di residenti che può avere accesso al sistema stesso in modo ridondante.

Al fine di esprimere numericamente i concetti espressi sopra è stato definito un opportuno indice di misura:

- *indice di ridondanza*: numero di opportunità che può raggiungere più aeroporti con un valore di utilità sistemática più bassa in modulo di 21.8 / numero di opportunità totali che può avere accesso al sistema aeroportuale nella stessa soglia di utilità sistemática considerata;

nel caso del sistema a tre aeroporti, le opportunità che possono raggiungere tutti i terminali sono conteggiate due volte nella stima della ridondanza, non è stato altresì considerata ridondante la possibilità di raggiungere più aeroporti dal Capoluogo regionale, perché rappresenta il principale centro economico ed amministrativo dell'area di studio.

L'indice sopra riportato è espresso in forma percentuale.

In tabella 3.68 è riportato il numero delle opportunità che possono raggiungere più di un aeroporto del sistema aeroportuale con valore di soglia per l'utilità sistemática pari a -21.8, sono state esaminate le varie configurazioni possibili.

In figura 3.50 sono riportati in forma grafica rispettivamente il numero di comuni (grafico 1), il numero di residenti (grafico 2), il numero di addetti e unità locali (grafico 3) che hanno accesso a più aeroporti del sistema considerato, nella soglia di utilità considerata, oltre agli indici percentuali di ridondanza (grafico 4) per le varie configurazioni possibili.

Tabella 3.68 Opportunità che possono raggiungere più aeroporti con soglia di utilità sistemática di accesso pari a -21.8

SISTEMA AEROPORTUALE	COM	RES	ADD	U_LOC
NA-GRA	32	975279	103483	37032
NA-SA	12	341447	41632	15046
GRA-SA	30	420764	54784	18140
TRE AEROPORTI	64	1500127	171436	61265

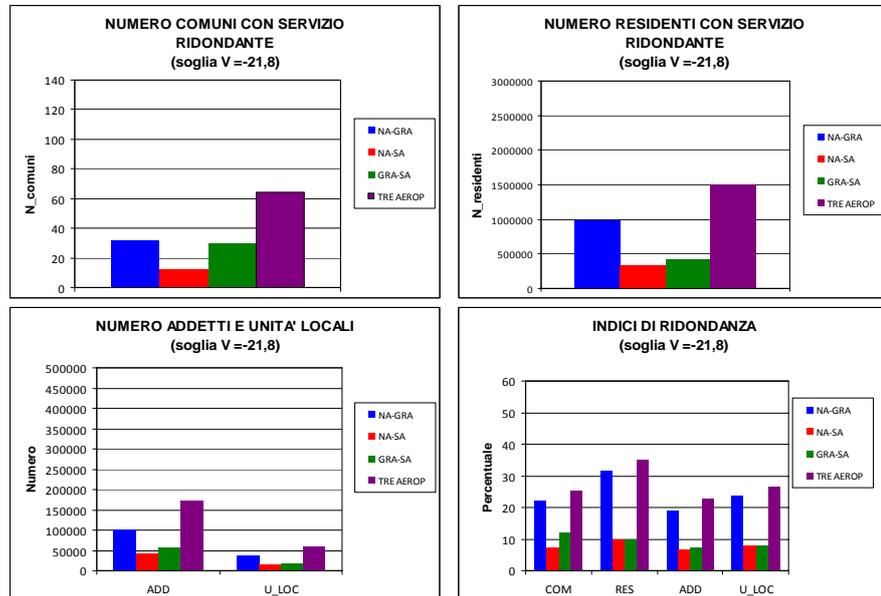


Figura 3.50 Opportunità che possono raggiungere più aeroporti con un valore di soglia di utilità sistematica pari a -21.8 e indici di ridondanza

3.9 SCENARIO 7: ANALISI DI ACCESSIBILITÀ ATTIVA

L'analisi di accessibilità attiva del territorio fornisce una misura della facilità di spostarsi con il modo di trasporto aereo dall'area di studio, nel caso specifico si è considerato solo lo spostamento elementare dal comune agli aeroporti, quindi l'accessibilità è la facilità di raggiungere le varie configurazioni di sistemi aeroportuali ipotizzati a partire dalle origini dello spostamento.

La misura è stata eseguita per le tipologie di indicatori ritenuti più affidabili (tempi, costi e utilità) ed è stata pesata per le opportunità già considerate nei paragrafi precedenti.

3.9.1 Analisi numeriche

L'analisi condotta per la stima dell'accessibilità attiva del territorio a partire dai tempi di accesso utilizza una funzione di utilità inclusiva (logsum), in cui i tempi di viaggio sono considerati alla stregua delle

utilità sistematiche, in questo caso i tempi sono inseriti con valore negativo, essendo delle disutilità.

La formula che esprime l'indicatore di utilità inclusiva basata sui tempi di viaggio è la seguente: $Y(t) = \ln \sum_i \exp(t_i)$

In tabella 3.69 sono riportati i valori dell'indicatore pesato per le varie configurazioni possibili del sistema aeroportuale, in figura 3.51 (grafico 1) sono riportati i relativi confronti grafici.

Per quanto attiene i costi generalizzati l'indicatore proposto è simile a quello visto per i tempi di viaggio, anche in questo caso i costi che sono stati inseriti nella formula sono con segno negativo, in quanto anche in questo caso si tratta di disutilità.

La formula che esprime l'indicatore di utilità inclusiva basata sui costi generalizzati è la seguente: $Y(c) = \ln \sum_i \exp(c_i)$

In tabella 3.70 sono riportati i valori dell'indicatore pesato per le varie configurazioni possibili del sistema aeroportuale, in figura 3.51 (grafico 2) sono riportati i relativi confronti grafici.

Infine per l'analisi di accessibilità attiva basata sugli indicatori di scelta comportamentale e quindi eseguita a partire dalle utilità sistematiche si utilizza l'indicatore definito in letteratura "Logsum" o utilità inclusiva.

La formula che esprime l'indicatore di utilità inclusiva basata sui costi generalizzati è la seguente: $Y = \ln \sum_i \exp(v_i)$

In tabella 3.71 sono riportati i valori dell'indicatore pesato per le varie configurazioni possibili del sistema aeroportuale, in figura 3.51 (grafico 3) sono riportati i relativi confronti grafici.

Tabella 3.69 Valori dell'indicatore di accessibilità attiva per le varie configurazioni del sistema aeroportuale (T)

SISTEMA AEROPORTUALE	Y(t) COM	Y(t) RES	Y(t) RES_RED	Y(t) ADD	Y(t) U_LOC
NA-GRA	-82.4	-55.0	-53.7	-49.9	-56.3
NA-SA	-68.7	-49.9	-47.5	-42.5	-48.0
GRA-SA	-59.7	-46.9	-46.4	-45.1	-47.4
TRE AEROPORTI	-59.4	-41.4	-39.7	-36.0	-40.9

Tabella 3.70 Valori dell'indicatore di accessibilità attiva per le varie configurazioni del sistema aeroportuale pesato sulle opportunità (C)

SISTEMA AEROPORTUALE	Y(c) COM	Y(c) RES	Y(c) RES_RED	Y(c) ADD	Y(c) U_LOC
NA-GRA	-25.0	-16.7	-16.3	-15.1	-17.1
NA-SA	-19.9	-14.6	-13.9	-12.3	-14.0
GRA-SA	-17.3	-13.9	-13.8	-13.2	-14.0
TRE AEROPORTI	-17.2	-12.2	-11.7	-10.5	-12.0

Tabella 3.71 Valori dell'indicatore di accessibilità attiva per le varie configurazioni del sistema aeroportuale pesato sulle opportunità (V)

SISTEMA AEROPORTUALE	YCOM	YRES	Y RES_RED	Y ADD	YU_LOC
NA-GRA	-29.7	-21.0	-20.5	-19.2	-21.4
NA-SA	-25.7	-19.5	-18.6	-16.9	-18.8
GRA-SA	-22.8	-18.8	-18.6	-18.2	-18.9
TRE AEROPORTI	-22.7	-16.7	-16.1	-14.8	-16.4

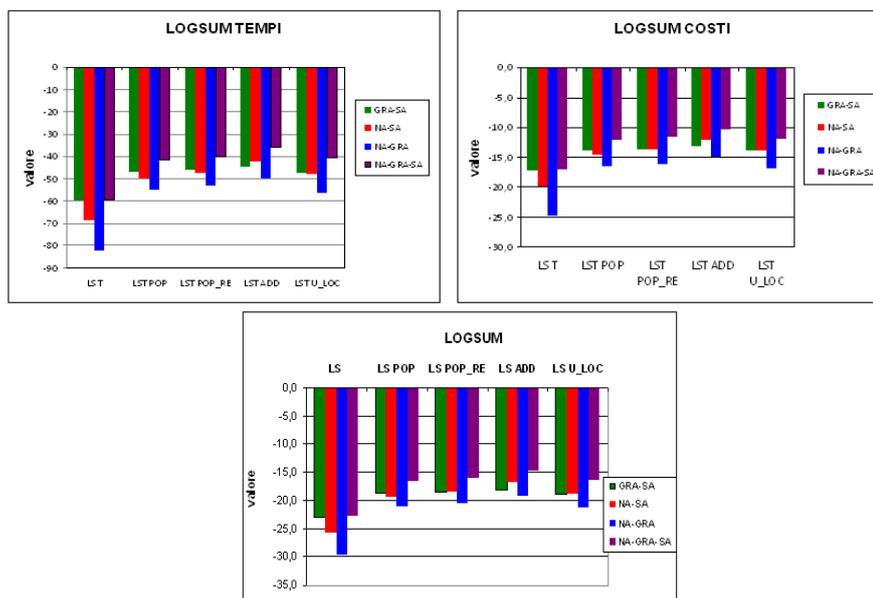


Figura 3.51 Confronti grafici relativi all'indicatore di accessibilità attiva del territorio pesato per le opportunità (T, C, V)

3.9.2 Considerazioni finali sull'accessibilità attiva

Le elaborazioni numeriche condotte per valutare l'accessibilità attiva dell'area di studio verso il sistema aeroportuale campano ipotizzando varie configurazioni possibili sono consistite nell'ordine in:

- analisi di equità (scenario attuale o del prossimo futuro)
- analisi di complementarità (tutti gli scenari futuri)
- analisi di ridondanza (tutti gli scenari futuri)
- misura dell'accessibilità attiva del territorio (tutti gli scenari futuri)

le analisi sono state condotte introducendo degli opportuni indicatori numerici pesati sulle opportunità e calcolati a partire da misure di tempi di viaggio, misure di costo generalizzato e misure di utilità sistematica.

Analisi di equità:

Il sistema aeroportuale che, attualmente, garantirebbe la massima equità è quello rappresentato da tre aeroporti, con circa 5.48 milioni di residenti e oltre 900,000 addetti compresi nella soglia considerata ($V = -30$), in questo caso è stato scelto il valore più sfavorevole tra le opzioni possibili (tempi, costi e utilità); segue il sistema NA-SA rispettivamente con circa 5.37 milioni di residenti e 897,000 addetti.

Analisi di complementarità:

Il sistema aeroportuale che garantirebbe la massima complementarità è quello rappresentato da tre aeroporti, con circa 4.31 milioni di residenti e oltre 755,000 addetti compresi nella soglia considerata ($V = -21.8$), anche in questo caso è stato scelto il valore più sfavorevole tra le opzioni possibili (tempi, costi e utilità); seguono il sistema GRA-SA con valori quasi equivalenti a quelli visti per il sistema completo e il sistema NA-SA con rispettivamente circa 3.47 milioni di residenti e 633,000 addetti.

Analisi di ridondanza:

Il sistema aeroportuale che garantirebbe la minima ridondanza è il sistema NA-SA, con circa 743,00 residenti e oltre 97,000 addetti che raggiungono più aeroporti nella soglia considerata ($C = 20$ euro), anche in questo caso è stato scelto il valore più sfavorevole tra le opzioni possibili (tempi, costi e utilità), molto distanti le performance degli altri sistemi aeroportuali; il più ridondante è, ovviamente, il sistema completo NA-GRA-SA con circa 2.83 milioni di residenti e 366,000 addetti con servizio ridondante.

Misura dell'accessibilità attiva del territorio:

Il sistema aeroportuale che garantirebbe il servizio più soddisfacente per i residenti e gli addetti è quello rappresentato da tre aeroporti, secondo le utilità inclusive costruite con tutti i metodi possibili (tempi, costi e utilità); non ha senso in questo caso parlare di numero di residenti o addetti compresi perché non si tratta di un indicatore a soglia.

I sistemi aeroportuali GRA-SA e NA-SA fanno registrare dei buoni risultati per gli indicatori di utilità inclusiva, si riscontra per tutte e tre le tipologie di indicatore calcolato lo stesso tipo di risultato, ovvero, una leggera prevalenza del sistema GRA-SA per i residenti ed una leggera prevalenza del sistema NA-SA per gli addetti.



4 CONCLUSIONI

4.1 METODOLOGICHE

Il presente elaborato finale di Dottorato si articola nella proposizione, nella calibrazione e nella validazione di un metodo di analisi delle problematiche legate alla pianificazione territoriale, mediante l'utilizzo di indicatori di accessibilità.

L'utilizzo di questo tipo di misure è stato finalizzato sia ad individuare le criticità attuali, sia a simulare scenari futuri in seguito ad interventi di modifica delle infrastrutture presenti sul territorio. L'analisi degli scenari attuali e futuri è stata condotta sulla base dei dati disponibili sulla configurazione del territorio, sugli insediamenti abitativi e industriali ed in base della configurazione del sistema di trasporti.

Gli indicatori di accessibilità possono essere utilizzati per vari scopi di indagine territoriale e per svariati fini, quali ad esempio analisi economiche e valutazioni di insediamento di attività produttive. Il presente lavoro, in quanto alle problematiche trattate, al tipo di dati utilizzati ed all'approccio seguito per la simulazione di scenari presenti e futuri può essere inquadrato nell'ambito generale della geografia dei trasporti.

In sede di pianificazione strategica, è importante individuare le criticità presenti e valutare in anticipo gli effetti delle modifiche operate, in questa fase si richiedono solitamente due requisiti per l'analisi preliminare:

- celerità delle valutazioni
- economicità delle indagini

al fine di poter soddisfare questi requisiti, è stata proposta e testata una metodologia operativa basata sulle misure di accessibilità, avendo ritenuto queste ultime in grado di fornire indicazioni quantitative facilmente interpretabili e ottenibili in tempi ragionevoli e con costi moderati.

Sulla base delle premesse fatte, l'obiettivo prioritario, dal punto di vista metodologico è stato quello di valutare, in base alla problematica analizzata:

- quale indicatore fornisce risultati più attendibili

-
- se gli indicatori proposti forniscono risultati coerenti tra loro
 - se è necessario utilizzare indicatori più o meno complessi

per testare la metodologia è stata scelta una applicazione specifica su un sistema aeroportuale regionale ed un area di studio, la Regione Campania.

Il sistema aeroportuale campano è rappresentato da tre aeroporti, Napoli Capodichino, Salerno Costa d'Amalfi e Grazzanise; il primo pienamente operativo, il secondo agli stadi iniziali di sviluppo come aeroporto civile, il terzo ancora in fase di valutazione.

Lo studio è stato condotto con criteri esclusivamente territoriali, è stata valutata esclusivamente la posizione del sito, senza considerare i servizi offerti; una parziale eccezione è stata fatta per gli indicatori più sofisticati proposti, basati sui modelli di scelta comportamentale, in tal caso i servizi offerti sono implicitamente contenuti nei parametri di calibrazione, anche se non testati direttamente sul sistema aeroportuale investigato.

Gli indicatori di accessibilità sono stati utilizzati per perseguire due analisi fondamentali:

- una valutazione in termini di competizione (tra aeroporti o sistemi di aeroporti)
- una valutazione del servizio offerto al territorio (dal sistema aeroportuale)

lo stesso ordine sarà pertanto seguito nella discussione dei risultati sia di tipo metodologico che operativo.

Le considerazioni di carattere metodologico sulla tipologia di misure utilizzate, sono considerate parimenti valide sia per scenari di competizione sia per la valutazione di qualità di servizio offerto al territorio perché pur cambiando il contesto non cambia il metodo investigativo e, alla luce dei risultati sperimentali, anche le differenze tra i valori assunti dagli indicatori sono concordi.

4.1.1 Analisi sulla base dei tempi di accesso

L'indicatore tempo di viaggio è la misura più elementare utilizzata nel presente lavoro di tesi, in quanto fornisce una misura diretta dell'impedenza del viaggio e non richiede alcuna operazione di calibrazione dei parametri, è una misura che consente analisi speditive, ma, sulla base delle evidenze sperimentali, non fornisce una risposta

soddisfacente sulle possibilità reali offerte da un terminale ai potenziali utenti. Valori meno oscillanti in modulo, più omogenei agli altri indicatori e più vicini alle condizioni reali effettivamente riscontrate sono garantite dalle misure di tempo di viaggio pesate per le opportunità del territorio, come i residenti, i residenti con reddito e gli addetti, tali misure sono ritenute adeguate ad uno studio di individuazione delle criticità in un contesto attuale ed ad una prima analisi preliminare di competizione tra siti aeroportuali. Si prestano sia per analisi numeriche aggregate che per analisi elementari o per la costruzione di funzioni di opportunità (es. indicatore a soglia).

4.1.2 Analisi sulla base degli indicatori composti.

Tale tipologia di indicatori ha un livello di intuitività e facilità di comprensione inferiore rispetto ai tempi di viaggio pesati, che hanno un livello di astrazione minore e contengono intrinsecamente informazioni anche sulla distribuzione delle opportunità sul territorio. Le misure composte di accessibilità sono di facile costruzione e rappresentano uno strumento efficace per la costruzione di cartografie speditive dei bacini di influenza dei singoli scali; per la loro astrattezza e per i valori numerici spesso molto oscillanti non si prestano altrettanto bene per una rappresentazione numerica dell'accessibilità.

4.1.3 Analisi sulla base dei costi generalizzati di accesso.

I costi generalizzati forniscono una misura completa dell'impedenza del viaggio, in quanto contengono informazioni supplementari come il consumo medio e il pedaggio stradale, oltre al tempo di viaggio. Sono indicatori costruiti mediante una somma di contributi pesati mediante parametri di reciproca sostituzione, tali parametri richiedono una calibrazione mediante una indagine conoscitiva sul territorio, non facile da eseguire e, generalmente onerosa. Come nel caso dei tempi di viaggio, le misure che rispondono in modo più modulare e più omogeneo agli altri indicatori dello stesso tipo e di tipo differente sono quelle pesate sulle opportunità. L'utilizzo di questo tipo di misure si consiglia per analisi più sofisticate o, in alternativa, quando si disponga già dei

parametri di calibrazione, questi ultimi, necessitano però, al contrario dei precedenti indicatori analizzati, di una figura esperta per la loro implementazione. Si prestano sia per analisi numeriche aggregate che per analisi elementari o per la costruzione di funzioni di opportunità (es. indicatore a soglia).

4.1.4 Analisi sulla base delle utilità sistematiche.

Questa tipologia di misura si basa sui modelli di scelta comportamentali, necessita pertanto, la implementazione analitica, la calibrazione e la validazione di un modello di scelta. Anche in questo caso è necessario studiare i comportamenti di scelta di un campione significativo di utenti, questo comporta tempi di realizzazione e costi non trascurabili. I valori ottenuti sono concordi con quelli ottenuti con gli altri metodi utilizzati, in più permettono di simulare meglio scenari futuri, partendo dal fatto che i comportamenti di spostamento aereo non dovrebbero variare in modo significativo. Anche per questa tipologia di indicatori le misure pesate per le opportunità sono le più affidabili. Per i tempi ed i costi di realizzazione elevati sono consigliabili in studi di dettaglio o di fattibilità avanzata, richiedono una figura esperta per la loro implementazione. Si prestano sia per analisi numeriche aggregate che per analisi elementari o per la costruzione di funzioni di opportunità (es. indicatore a soglia).

4.1.5 Analisi sulla base delle probabilità di scelta.

Le probabilità di scelta possono essere calcolate a partire dalle funzioni di utilità sistematica mediante espressioni analitiche più o meno complesse. Queste misure sono indicative della realtà ipotizzata solo quando pesate per le opportunità, altrimenti possono essere fuorvianti; esse assumono come indicatori di accessibilità elementare valori estremi, di solito molto piccoli, non si prestano pertanto alla costruzione di funzioni di opportunità come misure di tipo soglia e per applicazioni cartografiche.

4.2 OPERATIVE

Per le conclusioni di carattere operativo si è considerato separatamente i due contesti analizzati, ovvero lo scenario di competizione tra aeroporti e la valutazione dell'offerta di servizi al territorio di riferimento. Sulla base degli indicatori esaminati al punto precedente si riportano di seguito le considerazioni di tipo operativo sulle performance dei singoli aeroporti sia in ottica aziendale che in ottica sociale.

4.2.1 Scenario 1: competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi in assenza di aeroporti

Nel primo scenario si ipotizza di trovarsi in un territorio senza aeroporti e, sulla base di analisi esclusivamente riguardanti l'ubicazione dei potenziali siti, si cerca di fornire una indicazione sulla localizzazione potenzialmente più competitiva.

La competizione tra siti aeroportuali che interessa maggiormente l'analista e il pianificatore è senz'altro quella tra Grazzanise e Salerno Pontecagnano, in virtù del fatto che questi siti sono i più idonei per la collocazione o l'ampliamento di un aeroporto civile.

Dall'analisi delle tabelle 4.1 e 4.2 risulta che sulla base dei principali indicatori basati sull'offerta del sistema di trasporti (tempi e costi pesati) il sito di Grazzanise è leggermente più favorevole per i residenti con tempi e costi migliori di uno o due punti percentuali, la situazione si inverte per gli addetti dello stesso ordine di grandezza, le differenze sono comunque ridotte e tendono ad essere insignificanti per i residenti se si considera anche il reddito.

L'indicatore utilità sistematica fornisce lo stesso tipo di riscontro anche quantitativo per i residenti, mentre per gli addetti le differenze si annullano; si ricorda a tal proposito che le utilità sono negative e quindi differenze percentuali positive significano minore competitività.

Le percentuali di scelta dell'aeroporto sono favorevoli per Grazzanise sia per quanto riguarda gli addetti sia per i residenti, la percentuale di scelta è di circa il 56% per i residenti ed il 60% per gli addetti; questo è dovuto al fatto che non si è tenuto conto della presenza di Capodichino, per cui gli abitanti di Napoli tenderebbero ad orientare la propria scelta verso Grazzanise.

**Tabella 4.1 Sintesi degli indicatori principali basati sull'offerta dei trasporti.
Differenze percentuali di Salerno C. Amalfi da Grazzanise**

OFFERTA					
	COM Δ%	RES Δ%	RES_RE Δ%	ADD Δ%	U_LOC Δ%
TEMPI	-14.4	2.7	0.8	-0.1	-3.1
COSTI	-17.3	0.8	-1.0	-2.4	-5.1

**Tabella 4.2 Sintesi degli indicatori basati sui modelli di scelta.
Differenze percentuali di Salerno C. Amalfi da Grazzanise**

SCELTA					
	COM Δ%	RES Δ%	RES_RE Δ%	ADD Δ%	U_LOC Δ%
UTILITA'	-11.4	2.4	0.6	-0.2	-2.6
PROB.	-	-14.8	-	-20.0	-8.7

4.2.2 Scenario 2: competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi – Capodichino

Nel secondo scenario, come nel primo, si ipotizza di trovarsi in territorio senza aeroporti e, sulla base di analisi esclusivamente riguardanti l'ubicazione dei potenziali siti si cerca di fornire una indicazione sul sito potenzialmente più competitivo.

La competizione tra siti aeroportuali in questo caso si gioca tra Napoli Capodichino, Grazzanise e Salerno Pontecagnano, si mette cioè in discussione la presenza di Capodichino o si simula la presenza contemporanea dei tre scali, questa analisi ha significato in prospettiva molto futura, visto che alla luce delle ultime vicende relative alla pianificazione aeroportuale nazionale, Capodichino è destinato ad essere il polo aeroportuale principale della Campania ancora per molti anni.

Dall'analisi delle tabelle 4.3 e 4.4 risulta che sulla base dei principali indicatori basati sull'offerta del sistema di trasporti (tempi e costi pesati) i siti degli scali alternativi a Capodichino sono più favorevoli sia per i residenti che per gli addetti.

Per i residenti il vantaggio è netto in quanto gli indicatori fanno registrare valori più favorevoli di circa il 10% per i tempi ed il 7% per i costi; per

gli addetti le differenze sono più ridotte, non superando i quattro punti percentuali.

L'indicatore utilità sistemica fornisce riscontri simili ai costi per i residenti, mentre per gli addetti le differenze sono insignificanti.

Le percentuali di scelta dell'aeroporto sono rispettivamente: 23.2 per Capodichino, 35.7 per Grazzanise e 41.0 per Salerno Pontecagnano. Per gli addetti sono nell'ordine 34.9 (NA), 26.4 (GRA) e 38.7 (SA).

I dati sostanzialmente favorevoli agli scali emergenti possono essere spiegati sulla base dei tempi di viaggio, alla base della costruzione di tutti gli indicatori di accessibilità considerati.

Lo scalo napoletano viene penalizzato non solo dalla congestione in prossimità del capoluogo, ma anche dai tempi di percorrenza alti lungo la A3 NA-SA, in conseguenza dei numerosi cantieri aperti lungo questa arteria, pertanto con il completamento dei lavori e la realizzazione della terza corsia lo scenario di competizione migliorerebbe a favore di Capodichino.

Tabella 4.3 Sintesi degli indicatori principali basati sull'offerta dei trasporti. Differenze percentuali da Capodichino

OFFERTA				
	TEMPI		COSTI	
	GRA Δ%	SA Δ%	GRA Δ%	SA Δ%
COM	-20.2	-31.7	-17.1	-31.4
RES	-11.9	-9.5	-7.8	-7.0
RES_RE	-9.4	-8.7	-5.3	-6.3
ADD	-3.6	-3.7	0.5	-1.9
U_LOC	-9.3	-12.2	-5.4	-10.2

Tabella 4.4 Sintesi degli indicatori basati sui modelli di scelta. Differenze percentuali da Capodichino

SCELTA				
	UTILITA'		PROBABILITA'	
	GRA Δ%	SA Δ%	GRA Δ%	SA Δ%
COM	-17.0	-26.4	-	-
RES	-8.4	-6.1	12.5	17.8
RES_RE	-5.8	-5.3	-	-
ADD	0.0	-0.2	-8.5	3.8
U_LOC	-5.8	-8.2	3.0	17.6

4.2.3 Scenario 3: competizione Grazzanise – Salerno C. Amalfi in presenza di Capodichino

Nel terzo scenario si simula la situazione attuale, ovvero si dà per certa la presenza di Capodichino e si ipotizza di dover scegliere la posizione più idonea per il posizionamento di un nuovo aeroporto.

Per simulare a livello numerico la presenza di un aeroporto per la competizione tra altri due, si deve immaginare che l'aeroporto presente generi un disturbo e quindi provochi una riduzione della competitività degli aeroporti da studiare, questo disturbo provocherà quindi una variazione degli indicatori di accessibilità che non sarà costante ma dipenderà dalla mutua interazione tra gli scali.

Per modellizzare la presenza di Napoli si sono considerati gli indicatori $1/\text{tempo}$, $1/\text{costo}$ e utilità, questi indicatori sono stati moltiplicati per degli opportuni coefficienti di riduzione calcolati in funzione degli stessi indicatori elementari (cfr. Cap. 3). I risultati relativi alle differenze percentuali di Salerno C. Amalfi rispetto a Grazzanise sono sintetizzati nelle tabelle da 4.5 a 4.7; nelle stesse tabelle sono riportati i confronti con gli indicatori non smorzati.

In questo caso il criterio di lettura delle tabelle deve essere il seguente: variazioni positive dei valori corrispondono a posizioni più competitive.

In questo caso i valori numerici non sono immediatamente intuitivi, trattandosi di indicatori complessi, ma è opportuno fare attenzione alle variazioni degli indicatori rispetto alla situazione senza indici di riduzione.

Si riscontra in tutti i casi analizzati ($1/t$), ($1/c$) e (v), la tendenza verso valori positivi e quindi sinonimi di maggiore competitività dello scalo salernitano rispetto a Grazzanise, per gli indicatori corretti con i coefficienti di riduzione.

Questa tendenza numerica può essere giustificata anche con un semplice ragionamento intuitivo, poiché il sito di Grazzanise è più prossimo a Capodichino rispetto a quello di Salerno C. Amalfi, questo determina un maggiore effetto di disturbo di Capodichino su Grazzanise e la conseguente perdita di competitività relativa.

Tabella 4.5 Sintesi dei tempi invertiti ridotti con i vari coefficienti di riduzione. Differenze percentuali di Salerno C. Amalfi da Grazzanise

TEMPI INVERTITI					
RIDUZIONE	COM Δ%	RES Δ%	RES&RED Δ%	ADD Δ%	U_LOC Δ%
α (c)	4.6	6.9	25.9	37.9	34.4
α (u)	-4.5	-0.2	16.5	26.4	23.6
p	25.0	4.1	29.5	55.1	47.7
senza α	-1.8	-4.8	2.8	5.7	6.2

Tabella 4.6 Sintesi dei costi invertiti ridotti con i vari coefficienti di riduzione. Differenze percentuali di Salerno C. Amalfi da Grazzanise

COSTI INVERTITI					
RIDUZIONE	COM Δ%	RES Δ%	RES&RED Δ%	ADD Δ%	U_LOC Δ%
α(t)	20.9	20.3	41.1	53.1	50.3
α(u)	19.8	19.1	38.1	48.5	46.4
α(p)	61.6	28.7	59.8	92.5	82.9
senza α	14.3	6.1	14.1	16.7	18.1

Tabella 4.7 Sintesi delle utilità sistematiche ridotte con i vari coefficienti di riduzione. Differenze percentuali di Salerno C. Amalfi da Grazzanise

UTILITA'					
RIDUZIONE	COM Δ%	RES Δ%	RES&RED Δ%	ADD Δ%	U_LOC Δ%
α (t)	2.9	-0.3	0.1	0.5	0.9
α (c)	9.4	3.7	4.0	5.2	5.3
α (p)	126.4	30.0	35.3	53.2	60.4
senza α	-11.4	2.4	0.6	-0.2	-2.6

4.2.4 Valutazione dei servizi offerti al territorio di riferimento.

Le elaborazioni numeriche condotte per valutare l'accessibilità attiva dell'area di studio, verso il sistema aeroportuale campano ipotizzando varie configurazioni possibili, sono consistite nell'ordine in:

- analisi di equità (scenario attuale o del prossimo futuro)
- analisi di complementarità (tutti gli scenari futuri)
- analisi di ridondanza (tutti gli scenari futuri)
- misura dell'accessibilità attiva del territorio (tutti gli scenari futuri)

le analisi sono state condotte introducendo degli opportuni indicatori numerici pesati sulle opportunità e calcolati a partire da misure di tempi di viaggio, misure di costo generalizzato e misure di utilità sistematica.

Analisi di equità:

Il sistema aeroportuale che attualmente garantirebbe la massima equità è quello rappresentato da tre aeroporti, con circa 5.48 milioni di residenti e oltre 900,000 addetti compresi nella soglia considerata ($V = -30$); in questo caso è stato scelto il valore più sfavorevole tra le opzioni possibili (tempi, costi e utilità). Segue, poi, il sistema NA-SA rispettivamente con circa 5.37 milioni di residenti e 897,000 addetti.

Una panoramica generale sugli indicatori di equità è riportata nella tabella 4.8; l'equità del sistema è stata determinata a partire dai tempi di viaggio, dai costi generalizzati e dall'utilità sistematica.

Tabella 4.8 Valori dell'indicatore di equità per le varie configurazioni del sistema aeroportuale (T, C,V)

INDICI DI EQUITA'				
SISTEMI AEROPORTUALI	COM (%)	RES (%)	ADD (%)	U_LOC (%)
NA-GRA (T)	60.6	86.2	88.0	84.7
NA-SA (T)	84.9	94.8	96.2	94.5
TRE AEROP (T)	89.1	96.2	97.0	95.8
NA-GRA (C)	66.1	88.5	89.9	86.8
NA-SA (C)	89.3	96.0	97.1	95.8
TRE AEROP (C)	93.1	97.0	97.6	96.7
NA-GRA (V)	51.2	79.5	82.3	78.3
NA-SA (V)	75.7	92.0	94.1	91.4
TRE AEROP (V)	82.0	93.9	95.1	93.3

Analisi di complementarietà:

Il sistema aeroportuale che garantirebbe la massima complementarietà è quello rappresentato da tre aeroporti, con circa 4.31 milioni di residenti e oltre 755,000 addetti compresi nella soglia considerata ($V = -21.8$); anche in questo caso è stato scelto il valore più sfavorevole tra le opzioni possibili (tempi, costi e utilità). Seguono il sistema GRA-SA con valori quasi equivalenti a quelli visti per il sistema completo e il sistema NA-SA con circa 3.47 milioni di residenti e 633,000 addetti.

Una panoramica generale sugli indicatori di complementarietà è riportata nella tabella 4.9, la complementarietà del sistema è stata determinata a partire dai tempi di viaggio, dai costi generalizzati e dall'utilità sistemica.

Tabella 4.9 Valori dell'indicatore percentuale di complementarietà per le varie configurazioni del sistema aeroportuale (T, C,V)

INDICI DI COMPLEMENTARIETA'				
SISTEMI AEROP.	COM (%)	RES (%)	ADD (%)	U_LOC (%)
NA-GRA (T)	31.8	59.5	63.9	56.5
NA-SA (T)	41.6	70.2	76.4	70.3
GRA-SA (T)	55.7	82.2	86.4	81.3
TRE AEROP (T)	55.7	82.2	86.4	81.3
NA-GRA (C)	34.5	63.7	67.2	60.4
NA-SA (C)	57.7	80.4	85.6	79.8
GRA-SA (C)	69.9	88.0	92.7	87.3
TRE AEROP (C)	70.2	89.5	93.7	88.6
NA-GRA (V)	26.1	53.0	57.2	50.3
NA-SA (V)	29.9	59.4	66.4	60.3
GRA-SA (V)	45.6	73.5	78.9	73.3
TRE AEROP (V)	45.9	73.9	79.3	73.6

Analisi di ridondanza:

Il sistema aeroportuale che garantirebbe la minima ridondanza è il sistema NA-SA, con circa 743,00 residenti e oltre 97,000 addetti che raggiungono più aeroporti nella soglia considerata ($C = 20$ euro). Anche in questo caso è stato scelto il valore più sfavorevole tra le opzioni possibili (tempi, costi e utilità); molto distanti le performance degli altri

sistemi aeroportuali. Il più ridondante è, ovviamente, il sistema completo NA-GRA-SA con circa 2.83 milioni di residenti e 366,000 addetti che dispongono di più opportunità di scelta nelle soglie considerate.

Una panoramica generale sugli indicatori di ridondanza è riportata nella tabella 4.10, la ridondanza del sistema è stata determinata a partire rispettivamente dai tempi di viaggio, dai costi generalizzati e dall'utilità sistemica.

Tabella 4.10 Valori dell'indicatore percentuale di ridondanza per le varie configurazioni del sistema aeroportuale (T, C,V)

INDICI DI RIDONDANZA				
SISTEMI AEROP.	COM (%)	RES (%)	ADD (%)	U_LOC (%)
NA-GRA (T)	28.6	34.8	22.2	26.6
NA-SA (T)	7.9	9.0	6.2	7.4
GRA-SA (T)	19.5	17.5	15.5	15.9
TRE AEROP (T)	36.8	45.2	33.8	37.2
NA-GRA (C)	43.2	46.9	32.3	38.0
NA-SA (C)	12.9	15.8	11.9	13.1
GRA-SA (C)	19.2	38.9	49.4	42.3
TRE AEROP (C)	31.0	54.2	41.0	45.0
NA-GRA (V)	22.2	31.5	19.0	23.6
NA-SA (V)	7.3	9.8	6.6	8.0
GRA-SA (V)	12.0	9.8	7.3	7.9
TRE AEROP (V)	25.3	34.8	22.7	26.7

Misura dell'accessibilità attiva del territorio:

Il sistema aeroportuale che garantirebbe il servizio più soddisfacente per i residenti e gli addetti è quello rappresentato da tre aeroporti, tenendo conto delle utilità inclusive costruite a partire dai tempi di viaggio, dai costi e dalle utilità; non ha senso, in questo caso, considerare numero di residenti o addetti compresi, perché non si tratta di un indicatore a soglia. I sistemi aeroportuali GRA-SA e NA-SA fanno registrare dei buoni risultati per gli indicatori di utilità inclusiva; si riscontra per tutte e tre le tipologie di indicatore calcolato (T, C, V) lo stesso tipo di risultato, ovvero una leggera prevalenza del sistema GRA-SA per i residenti ed una leggera prevalenza del sistema NA-SA per gli addetti.

Una panoramica generale sugli indicatori di accessibilità attiva è riportata nella tabella 4.11. L'utilità inclusiva è stata determinata a partire rispettivamente dai tempi di viaggio, dai costi generalizzati e dall'utilità sistemica.

Tabella 4.11 Valori dell'indicatore di accessibilità attiva per le varie configurazioni del sistema aeroportuale (T, C,V)

SISTEMA AEROPORTUALE	Y COM	Y RES	Y RES_RED	Y ADD	Y U_LOC
NA-GRA (T)	-82.4	-55.0	-53.7	-49.9	-56.3
NA-SA (T)	-68.7	-49.9	-47.5	-42.5	-48.0
GRA-SA (T)	-59.7	-46.9	-46.4	-45.1	-47.4
TRE AEROPORTI (T)	-59.4	-41.4	-39.7	-36.0	-40.9
NA-GRA (C)	-25.0	-16.7	-16.3	-15.1	-17.1
NA-SA (C)	-19.9	-14.6	-13.9	-12.3	-14.0
GRA-SA (C)	-17.3	-13.9	-13.8	-13.2	-14.0
TRE AEROPORTI (C)	-17.2	-12.2	-11.7	-10.5	-12.0
NA-GRA (V)	-29.7	-21.0	-20.5	-19.2	-21.4
NA-SA (V)	-25.7	-19.5	-18.6	-16.9	-18.8
GRA-SA (V)	-22.8	-18.8	-18.6	-18.2	-18.9
TRE AEROPORTI (V)	-22.7	-16.7	-16.1	-14.8	-16.4

BIBLIOGRAFIA

- ACCESS,1988. Models of Airport Access and Airport Choice for the San Francisco Bay Region. Report Prepared for the Metropolitan Transportation Commission, Berkeley, California.
AirPress – www.airpressonline.it
- Algers S., Beser B. (1997), “A Model for Air Passengers Choice of Flight and Booking Class: a Combined Stated Preference and Revealed Preference Approach”, ATRG Conference Proceedings.
- Ashford N., Benchemam M. (1987), “Passengers choice of airport: an application of the multinomial logit model”, Transportation Research Record, vol. 1147, pp. 1-5.
- Ashley D.J., Hanson P., Veldhuis J. (1995), “A policy-sensitive traffic forecasting model for Schiphol Airport”, Journal of Air Transport Management, vol. 2, pp. 89-97.
- Augustines J. G., Demakopoulos S. A. (1978), “Air passenger distribution model for a multiterminal airport system”, Transportation Research Records, vol. 673, pp. 176-180.
- Baradaran S., Ramjerdi F. (2001) Performance of Accessibility Mesasures in Europe. Royal Institute of Technology.
- Barbarella M, Fiani M., Troisi S, Turturici L (2000). Progetto e simulazione di un raffittimento della rete Nazionale GPS nella Regione Campania. BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI TOPOGRAFIA E FOTOGRAMMETRIA, vol. 3/2000; p. 69-84, ISSN: 0392-4424
- BOB Airport Accessibility Pilot (2003) Erasmus University Rotterdam Transport Economics. www.ricerchetrasporti.com
- Baiocchi V., Crespi M., De Vendictis L., Giannone F. (2004). Utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione per scopi metrici – Atti 8^a Conferenza Nazionale ASITA, 14-17 Dicembre, Roma.
- Barrett S.D. (2000), “Airport competition in the deregulated European aviation market”, Journal of Air Transport Management, vol. 5, pp. 13-27

- Basar G., Bhat C. (2004), "A parameterized consideration set model for airport choice: an application to the San Francisco Bay Area", *Transportation Research B*, vol. 38, pp. 889-904.
- Ben-Akiva M., Lerman S. (1984), *Discrete choice analysis*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Bob airport accessibility pilot - report finale (2003), Van Reeve P., de Vlieger J., Karamychev V., Erasmus University Rotterdam, Transport Economics Dept.
- Bondzio L. (1996), "Models for the Passengers' Access to Airports", Ph.D. Thesis, Ruhr-University, Bochum (in tedesco).
- Borgogno Mondino E., Tomolo F. G., Rinaudo F. (2003). Calibrazione di immagini satellitari ad alta risoluzione. Il metodo dei rapporti polinomiali – Atti 7^a Conferenza Nazionale ASITA, 27-31 Ottobre, Verona.[1]
- Brovelli M.A., Realini E. (DHAR, Politecnico di Milano); Crespi M., Fratarcangeli F., Giannone F. (2007). High Resolution satellite imagery orientation accuracy assessment by leave-one-out method: accuracy index selection and accuracy uncertainty. *Geoinformation in Europe*, M.A. Gomarsca (ed.).
- Cantarella G.E., de Luca S. – L'accessibilità aeroportuale in Campania: alcune considerazioni sull'apertura dell'aeroporto di Salerno-Pontecagnano.
- Cascetta E. (2001), *Transportation System Engineering: Theory and Methods*, Kluwer Academic Publishers.
- Caves R. (1997), "European airline networks and their implications for airline planning", *Transport Reviews*, pp. 121-144
- Cohas F.J., Belobaba P.P., Simpson R.W. (1995), "Competitive fare and frequency effects in airport market share modelling", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 2, pp. 33-45.
- Curl A., Nelson J.D., Anable J. (2011). Does Accessibility Planning address what matters? A review of current practice and practitioner perspectives. *Research in Transportation Business & Management* xxx (2011).
- Curtis C., Scheurer J. (2010) Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. *Progress in Planning* 74 (2010) 53-106.
- de Luca S. MISURARE L'ACCESSIBILITÀ
- de Luca S. (2001) Le Università di Salerno e Napoli, un'analisi comparata delle accessibilità. *AREA VASTA* n° 3 (2001).

- de Luca S. (2012). Modelling airport choice behaviour for direct flights, connecting flights and different travel plans. *Journal of Transport Geography* 22 (2012) 148-163.
- de Neufville R., Gelerman (1973), "Planning for Satellite Airports", *ASCE Transportation Engineering Journal*, vol. 99, pp. 537-552.
- de Neufville R. (1976), "Airport Systems Planning", *Airports International*, June.
- de Neufville R. (1995), "Management of multi-airport systems: A development strategy", *Journal of Air Transport Management*, vol. 2, pp. 99-110.
- de Neufville R., Odoni A. (2003), *Airport Systems Planning, Design and Management* McGraw-Hill, New York.
- Dennis N. (2001), "Developments of hubbing at european airports", *Air & Space Europe*, vol. 3, pp. 51-55.
- Domencich T., McFadden D.L. (1975), *Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis*, North-Holland Publishing Co.
- Dong X., Ben Akiva M.E., Browman J.L., Walker J.L. (2006) Moving from trip-based to activity-based measures of accessibility. *Transportation Research Part A* 40 (2006) 163-180.
- Dresner M., Kefeng X. (1995), "Customer Service, Customer Satisfaction and Corporate Performance in the Service Sector", *Journal of Business Logistics*, Vol. 16, pp. 23-40.
- Grubestic T.H. Matisziw T.C., Evaluating locational accessibility to US air transportation system (2009) *Transportation Research Part a* 44 (2010) 710-722.
- ENAC – Rapporto 2010
- ENAC – Rapporto 2011
- Erasmus University Rotterdam Transport Economics (2003). BOB Airport Accessibility Pilot. www.ricerchetrasporti.com
- Fiani M., Troisi S, Turturici L, Zicarelli (2004). Immagini satellitari ad alta risoluzione: il ruolo delle effemeridi e della distribuzione dei GCPs. *BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FOTOGRAFIA E TOPOGRAFIA*, vol. 1/04; p. 35-52, ISSN: 1721-971X
- Fuellhart K. (2003), "Inter-metropolitan airport substitution by consumers in an asymmetrical airfare environment: Harrisburg, Philadelphia and Baltimore", *Journal of Transport Geography*, vol. 11, pp. 285-296.

- Furuichi M., Koppelman F.S. (1994) "An analysis of air travelers' departure airport and destination choice behaviour", *Transportation Research A*, vol. 28, pp. 187-195.
- Giannetto M., Scaioni M. (2007). Automated Geometric Correction of High-resolution Pushbroom Satellite Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing – Vol. 74 No 1, January 2008*, pp 107-116.
- Giulio Tonolo F., Perez F. (ITHACA, Turin, Italy) – Nex F., Piras M. (Politecnico di Torino) (2007). 3-D map production using an Orbview-3 stereo pair. *Geoinformation in Europe*, M.A. Gomarsca (ed.).
- Graham B., Guyer C. (2000), "The role of regional airports and air services in the United Kingdom", *Journal of Transport Geography*, vol. 8, pp. 249-262.
- Gubestic T., Zook M. (2007) A ticket to ride: Evolving landscapes of air travel accessibility in the United States. *Journal of Transport Geography* 15 (2007) 417-430.
- Harvey G. (1986), "A study of airport access mode choice", *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 112.
- Harvey G. (1987), "Airport choice in a multiple airport region", *Transportation Research A*, Vol. 21, pp. 439-449.
- Hensher D.A. (2002), "Determining passenger potential for a regional airline hub at Canberra International Airport", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 8, pp. 310-311.
- Hess S., Polak J. W. (2005b), "Mixed logit modelling of airport choice in multi-airport regions", *Journal of Air Transport Management*, vol. 11, pp. 59-68.
- Hess S., Polak J. W. (2005c), "Cross-nested logit modelling of the combined choice of airport, airline and access-mode", paper presented at the European Transport Conference, Strasburgo, Francia.
- Hilber R., Arendt M. (2004) Development of accessibility in Switzerland between 2000 and 2020: first results. Conference paper STRC 2004.
- Humphreys I., Francis G. (2002), "Policy issues and planning of UK regional airports", *Journal of Transport Geography*, vol. 10, pp. 249-258.
- Innes J.D, Doucet D.H. (1990), "Effects of access distance and level of service on airport choice", *Journal of Transportation Engineering*, vol. 116, pp. 507-516.

- Istituto Geografico Militare – 2^a Direzione della Produzione e Direzione Lavori Ricerca e Sviluppo (2006). Georeferenziazione di fotogrammi aerei (Inquadramento geometrico sul terreno e Triangolazione Fotogrammetrica).
- Lupi M. et al. LINEE GUIDA PER LA PROGRAMMAZIONE DELLO SVILUPPO DEGLI AEROPORTI REGIONALI – PRIN 2004. Franco Angeli – Collana Trasporti.
- Lupi M. et al. METODI E MODELLI PER LA SIMULAZIONE E VERIFICA DI UN SISTEMA DI TRASPORTO AEREO: UNO STATO DELL'ARTE – PRIN 2004. Franco Angeli – Collana Trasporti.
- Mandel B. (1999), "Airport Choice and Airport Competition", paper presented at the International Conference on Air Transportation Operations and Policy, City University of Hong Kong, Hong Kong.
- Manira S., Northam G., Palmer D., Lockwood B., Shilton M. (2005) Yorkshire and Humber accessibility criteria. Steer Davies Gleave – www.steardaviesgleave.com.
- Manski C., Lerman S. (1977), "The estimation of choice probabilities from choice-based samples", *Econometrica*, vol. 45, pp. 1977-1988.
- Martín J. C., Román C. (2004), "Analyzing competition for hub location in intercontinental aviation markets", *Transportation Research E*, vol. 40, pp. 135-150.
- Matisziw T.C., Grubestic T.H. (2009). Evaluating locational accessibility to US air transportation system. *Transportation Research Part a* 44 (2010) 710-722.
- Morash E. A., Ozment J. (1996), "The Strategic Use of Transportation Time and Reliability for Competitive Advantage", *Transportation Journal*, Vol. 36, pp. 35-46.
- Ndoh N. N., Pitfield D. E., Caves R. E. (1990), "Air transportation passenger route choice: A nested multinomial logit analysis", in *Spatial Choices and Processes*, M. M. Fischer, P. Nijkamp, and Y. Y. Papageorgiou, Eds., pp. 349-365, Elsevier, North-Holland.
- Ozoka A.I., Ashford N. (1989), "Application of disaggregate modeling in aviation systems planning in Nigeria: a case study", *Transportation Research Record*, vol. 1214, pp. 10-20.
- Pels E., Nijkamp P., Rietveld P. (1997), "Substitution and Complementarity in Aviation: Airports vs Airlines", *Transportation Research E*, vol. 33, pp. 275-286.

- Pels E., Nijkamp P., Rietveld P. (2000), "Airport and airline competition for passengers departing from a large metropolitan area", *Journal of Urban Economics*, vol. 48, pp. 29-45.
- Pels E., Nijkamp P., Rietveld P. (2001), "Airport and airline choice in a multiple airport region: an empirical analysis for the San Francisco Bay Area", *Regional Studies*, vol. 35, pp. 1-9.
- Pels E., Nijkamp P., Rietveld P. (2003), "Access to and competition between airports: a case study for the San Francisco Bay Area", *Transportation Research A*, vol. 37, pp. 71-83.
- Proussaloglou K., Koppelman F. (1999), "The choice of air carrier, flight and fare class", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 5, pp. 193-201.
- Reynolds-Feighan A. – Mc Lay P. (2006) Accessibility and attractiveness of European airports: A simple small community perspective. *Journal of Air Transport Management* 12 (2006) 313-323.
- Shi J., Ying X. (2008) Accessibility of a Destination-Based Transportation System. A Large Airport Study. *Tsinghua Science And Technology*, ISSN 1007-0214 15/20 pp211-219 Volume 13, Number 2, April 2008.
- Sinatra A. (2001) *Lettura dei sistemi aeroportuali: strategie e indicatori*. Guerini e Associati.
- Sinatra A. (2001) *Aeroporti e sviluppo regionale: rassegna di studi*. Guerini e Associati.
- Skinner R.E. (1976), "Airport choice: an empirical study", *Transportation Engineering Journal*, vol. 102, pp. 871-883.
- SrM – Associazione Studi e Ricerche per il Mezzogiorno (2008) *AEROPORTI E TERRITORIO – scenari economici, analisi del traffico e competitività delle infrastrutture aeroportuali del mezzogiorno*. Giannini Editore.
- Starkie D. (2002), "Airport regulation and competition", *Journal of Air Transport Management*, vol. 8, pp. 49-58.
- Thompson A., Caves R. (1993), "The projected market share for a new small airport in the north of England", *Regional Studies*, vol. 27, pp. 137-147.
- Toutin T. (2003) REVIEW PAPER: GEOMETRIC PROCESSING OF REMOTE SENSING IMAGES: MODELS, ALGORITHM AND METHODS. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 2003.

- Train K. (2003), *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Veldhuis J., Essers I., Bakker D., Cohn N., Kroes E. (1999), “The Integrated Airport Competition Model”, *Journal of Air Transportation World Wide*, vol. 4.
- Windle R., Dresner M. (1995), “Airport choice in multiple-airport regions”, *Journal of Transportation Engineering*, vol. 121, pp. 332-337.
- Xu Y., Zhang N. (2010) A New Spatial Equilibrium Model Including Passenger Transportation: An Accessibility Perspective. *Journal Of Transportation System Engineering and information Technology – Volume 10 Issue 3 June 2010*, 10(3), 75-79.
- Yamaguchi K. (2006) Inter-regional air transport accessibility and macro-economic performance in Japan. *Transportation Research Part E* 43 (2007) 247-258.
- Zhu X, Liu S. (2004) Analysis of the impact of MRT system on accessibility in Singapore using an integrated GIS tool. *Journal of Transport Geography* 12 (2004) 89-101.