

XXIV CONFERENZA ITALIANA DI SCIENZE REGIONALI

TERRITORIO E DOMANDA DEBOLE DI MOBILITÀ. UN CONTRIBUTO METODOLOGICO ED EMPIRICO

Sandra CAMICIA

Università degli Studi di Perugia, Dipartimento Uomo & Territorio – Sezione Urbanistica, via G. Duranti 1/A6,
06125, Perugia (PG)

SOMMARIO

Il lavoro presenta la metodologia e i primi risultati applicativi di uno schema d'analisi volto ad individuare e descrivere su base territoriale le tipologie di domanda di mobilità nella regione dell'Umbria, con particolare attenzione ai territori a domanda debole, nei quali cioè l'utenza appare rarefatta spazialmente, dispersa temporalmente o a mobilità ridotta.

Gli indicatori empirici, relativi ai caratteri insediativi, demografici e di mobilità sul territorio, sono stati trattati con tecniche di analisi multivariata e sono altresì il risultato di procedure di integrazione tra sistemi Gis e modelli di assegnazione dei trasporti.

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito delle pratiche di analisi e pianificazione del sistema dei trasporti, l'interpretazione delle *forme della domanda* di mobilità rappresenta uno degli aspetti più problematici, in quanto questa rappresenta l'espressione dell'interazione complessa tra una molteplicità di fattori, individuali e familiari, socio-economici e insediativi, morfologici e territoriali, nonché dipendente dalla dotazione infrastrutturale e dai sistemi organizzativi in atto.

Tra i vari aspetti di questa problematica, negli ultimi tempi ha acquistato rilevanza crescente l'individuazione delle situazioni in cui la domanda di trasporto (collettivo) appare "debole", ossia quando essa assume forme sporadiche e non facilmente prevedibili a causa di un'utenza rarefatta spazialmente o dispersa temporalmente, oppure di un'utenza a mobilità ridotta, per la quale sarebbe necessario attivare un'offerta di trasporto pubblico efficace ed efficiente, alternativa a quella tradizionale e improntata su nuovi modelli di flessibilità.

Fino ad oggi, infatti, la risposta a questa domanda di mobilità si è basata generalmente sui tradizionali servizi a percorso e cadenza fissa, conformando le variegate caratteristiche dell'utenza a modalità di erogazione del servizio tipiche di aree urbane, con evidenti ripercussioni finanziarie ed economiche. Oppure, soprattutto nelle aree più interne e marginali, l'offerta di trasporto pubblico si è attestata sui servizi minimi, contribuendo con la sua inadeguatezza ad aggravare i fenomeni di abbandono e spopolamento e perciò di declino socio-economico di queste aree. In tali situazioni di domanda a mobilità ridotta, inoltre i percorsi generalmente poco agevoli delle strade di montagna e la lontananza dai poli urbani, hanno spesso determinato, per gli alti costi, una carenza strutturale dei servizi pubblici di trasporto collettivo.

Va comunque detto come, dapprima in alcuni paesi occidentali (in Austria, Germania e paesi scandinavi), già da qualche tempo si sono sviluppate alcune esperienze che hanno adottato soluzioni di trasporto innovativo, mentre più di recente alcune sperimentazioni, sia pure sporadiche, sono state attivate anche nel contesto italiano. Si tratta nella maggior parte dei casi di servizi "a chiamata"ⁱ, sviluppatisi inizialmente per far fronte alle esigenze di mobilità di utenti disabili, anziani e scolari (scuolabus), poi estesi anche ad altre fasce di utenza. Solo recentemente, tuttavia, con il vorticoso sviluppo delle tecnologie dell'informazione e delle telecomunicazioni ci si è resi conto delle enormi potenzialità che esse implicavano ai fini della ottimizzazione del servizio, sia dal punto di vista della soddisfazione delle esigenze dell'utenza che da quello di un utilizzo più efficiente delle risorse a disposizione.

Inoltre, l'attuale quadro normativo di riforma del trasporto pubblico locale basato sulla legge Bassanini n.59/97 sui successivi due decreti legislativi n 422/97 e 400/99, nonché sulle diverse leggi regionali di recepimentoⁱⁱ, induce, in modo ancora più problematico che per il passato, ad una riflessione più attenta e approfondita sull'efficacia delle politiche dell'offerta, avendo introdotto una liberalizzazione dei servizi di trasporto che, se per un verso potrebbe

portare ad un miglioramento della qualità del servizio grazie alla competizione tra operatori pubblici e privati (sia in termini di utenza che di finanziamenti pubblici), dall'altro potrebbe ulteriormente aggravare il problema lasciando questa fascia di mercato in balia della sola politica tariffaria. In particolare, nelle situazioni territoriali in cui la domanda è espressa da un numero limitato di passeggeri, e quindi la domanda si configura come domanda debole, la disponibilità di finanziamenti pubblici diventa indispensabile per gli operatori.

In generale, rispetto a tali problematiche, una delle questioni principali che oggi gli enti del governo territoriale si trovano ad affrontare, preliminarmente alla scelta delle soluzioni tecniche, tecnologiche, organizzative e finanziarie più efficaci ed efficienti, è senza dubbio quello della lettura su base spaziale delle forme della domanda di trasporto.

A questo riguardo, per le sue peculiari caratteristiche morfologiche, demografiche e insediative, la regione dell'Umbria si presenta come un caso-studio emblematico. Con i suoi circa 810.000 abitanti, una densità insediativa media pari a 96 ab/kmq. (un valore pari alla metà di quello registrato nelle altre regioni centro-appenniniche), un territorio prevalentemente montano e collinare con una spiccata alternanza di configurazioni orografiche e un tasso di invecchiamento della popolazione che raggiunge punte piuttosto elevate in alcuni contesti (fino al 75%), l'Umbria ospita una popolazione che per quasi un quarto del totale risiede in nuclei e case sparse.

Quest'immagine dell'Umbria non risulta però omogenea, ma si differenzia in una serie di ambienti insediativi variamente caratterizzati dal punto di vista morfologico e socio-demografico. Il modello insediativo nodo-lineare mostra un progressivo rafforzamento sulle aste principali di fondovalle, dove tende a concentrarsi la maggior parte di funzioni e attività e dove le relazioni di mobilità si densificano su percorsi a breve-medio raggio. Il modello insediativo radiale delle due maggiori concentrazioni urbane della regione, Perugia e Terni, hanno visto la nascita di polarità periferiche che originano nuovi flussi di spostamento, mentre alcuni degli ambienti insediativi transregionali a carattere nodo-lineare (Camicià, 2000) sembrano mostrare un rafforzamento delle relazioni di breve raggio. Anche il vasto reticolo minuto dell'edificazione sparsa varia per forma e intensità: si addensa lungo i tracciati della piana bonificata o sulle pendici collinari periurbane, tende a rarefarsi ulteriormente sia in alcune aree marginali di periferia urbana-metropolitana, sia nelle aree interne montane e alto-collinari, dove gli spostamenti appaiono maggiormente rarefatti e dispersi temporalmente.

Nella letteratura, i parametri solitamente suggeriti per l'individuazione delle aree a domanda debole sono la densità abitativa delle zone territoriali, la densità di domanda di trasporto, la capillarità della rete infrastrutturale (Ferrari, 1998), parametri che possono essere integrati e specificati variamente a livello empirico.

Nello studio si è perciò cercato di definire uno schema di analisi empirica volto a individuare e descrivere le varie tipologie di domanda e in particolare i territori interessati da domanda debole di mobilità, ricorrendo a varie fonti informative, costruendo una serie di indicatori

relativi ai caratteri insediativi e socio-demografici della popolazione, trattati mediante tecniche di analisi multivariata e di segmentazione matematica, utilizzando altresì outputs derivanti dai modelli di assegnazione contestualmente definiti nell'ambito delle attività di analisi del sistema di trasporti regionale.

Questo specifico contributo si è sviluppato infatti nell'ambito dell'“Osservatorio Regionale della Mobilità per la gestione e pianificazione integrata dei trasporti” in Umbria, inteso come strumento di rilevazione, acquisizione ed elaborazione delle informazioni necessarie nel processo decisionale inerente la programmazione e pianificazione dei trasportiⁱⁱⁱ. La progettazione di un insieme di attività informative di tipo sistematico nel fenomeno della mobilità nasce principalmente dall'esigenza di incrementare l'efficienza e l'efficacia delle decisioni in questo ambito di intervento. Generalmente, infatti, allo stato attuale, le informazioni necessarie alla pianificazione / gestione del sistema dei trasporti risultano disperse tra le varie sedi istituzionali preposte alla loro rilevazione, a volte sotto-utilizzate, spesso prodotte in modo occasionale e non finalizzato al loro uso nel processo di pianificazione. Allo stesso tempo le procedure di trattamento / elaborazione dei dati necessitano di nuovi sviluppi, tali da migliorarne le capacità di rappresentazione di fenomeni complessi quali quelli in esame. Quasi sempre, infine, la modellizzazione-simulazione del sistema dei trasporti avviene secondo un'ottica settoriale, slegata e indipendente dalle componenti territoriali che costituiscono, simultaneamente, i fattori causali e gli effetti.

2. TIPOLOGIE DI DOMANDA DI MOBILITÀ, AREE A DOMANDA DEBOLE E CARATTERI DELL'OFFERTA DEL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE IN UMBRIA

2.1 L'individuazione delle tipologie di domanda di mobilità. Metodologia di analisi

Tutte le variabili utilizzate sono riferite alle 223 zone in cui è stata divisa la regione Umbria per realizzare la zonizzazione necessaria all'applicazione del modello generalizzato dei trasporti^{iv}. Per ottenere questo livello di aggregazione territoriale delle informazioni si è partiti dalla più piccola unità territoriale a disposizione, l'unità censuaria, il livello di dettaglio, cioè, al quale sono disponibili le informazioni derivate dai censimenti ISTAT.

Le fonti informative utilizzate per la definizione delle variabili sono il Censimento Popolazione ed Abitazioni Istat 1991, il Censimento Industria e Servizi Istat 1991, nonché il *modello di assegnazione* dei trasporti, dal quale sono stati estratti alcuni indicatori.

Le elaborazioni sono partite con la costruzione di due matrici che sono state alla base di alcune delle successive elaborazioni:

–. la matrice delle distanze tra i centroidi della rete, direttamente calcolata dal modello di assegnazione

–. la matrice O/D relativa all'intervallo di tempo 6:15 – 9:15, riferita a tutti gli spostamenti sia con mezzo di trasporto individuale che collettivo.

La matrice delle distanze indica la lunghezza reale, in Km, del percorso minimo compreso tra due generici centroidi. La matrice O/D calcolata è data dalla somma matrice O/D relativa al trasporto pubblico e da quella relativa al trasporto privato^v. E' da notare che oltre alla matrice complessiva sono state costruite anche matrici parziali relative al modo di trasporto (auto, bus, treno) ed allo scopo dello spostamento (lavoro, studio) così da avere a disposizione il massimo grado di informazione possibile.

Le prime variabili ad essere definite sono state quelle relative alle caratteristiche delle *popolazione insediata* nelle varie zone territoriali e alla sua *distribuzione/dispersione territoriale*. In particolare sono stati calcolati per ogni zona gli *abitanti nei centri, nei nuclei e nelle case sparse* e gli abitanti divisi per grandi *classi di età*.

Le variabili calcolate sono quindi: *Ab1*: abitanti nei centri; *Ab2*: abitanti nei nuclei; *Ab3*: abitanti nelle case sparse; *Eta1*: abitanti con età <18 anni; *Eta2*: abitanti con età compresa tra 18 e 65 anni; *Eta3*: abitanti con età >65 anni.

Per disporre di un quadro più articolato della struttura insediativa è stata effettuata un'ulteriore suddivisione degli abitanti nei centri abitati in base alla loro dimensione.

Sono state perciò calcolate le popolazioni dei 631 centri abitati. A partire da questi valori sono state individuate due soglie dimensionali (pari a 2000 e 10000 abitanti), e costruite le tre classi conseguenti:

Abit1: abitanti in centri con popolazione inferiore ai 2000 abitanti;

Abit2: abitanti in centri con popolazione compresa tra i 2000 e i 10000 abitanti;

Abit3: Abitanti in centri con popolazione superiore ai 10000 abitanti.

Per completare la descrizione fisico-morfologica per zona territoriale sono state calcolate le superfici occupate dai centri, nuclei e case sparse, che assieme agli indicatori relativi agli abitanti, sono indicative della densità insediativa e del tipo di insediamenti presenti nelle varie realtà territoriali.

Le superfici occupate da “case sparse” sono state ulteriormente suddivise in quelle con una densità inferiore a 25 abitanti al Km² (praticamente disabitate), da quelle con densità superiore a tale soglia dimensionale.

Le variabili ottenute sono state così denominate: *Ar1*: area centri; *Ar2*: area nuclei; *Ar3*: area case sparse con densità inferiore a 25 Ab/Km²; *Ar4*: area case sparse con densità superiore a 25 Ab/Km².

In quest'ultimo caso le variabili sono presenti sia in valore assoluto che come percentuale calcolata rispetto alla superficie totale della zona.

Infine, la variabile relativa all'età della popolazione è particolarmente utile per poter ipotizzare le caratteristiche potenziali degli abitanti in relazione alle varie forme e intensità degli spostamenti sul territorio. Infatti, al di sotto i 18 anni, ritroviamo i non patentati e gli

studenti, il cui ricorso al mezzo pubblico è relativamente più diffuso; tra i 18 e i 65 gli studenti e i lavoratori (potenzialmente patentati), per i quali la componente di sistematicità degli spostamenti è più rilevante così come crescente è l'entità complessiva degli spostamenti; infine, gli ultra 65-enni che esprimono in linea generale un domanda di mobilità a minore sistematicità sia spaziale che temporale, quantitativamente meno rilevante.

Quindi le tre classi d'età possono essere assunte come variabili proxy di modi e livelli sostanzialmente differenti di domanda d'uso della rete dei trasporti.

Queste variabili sono state inserite nelle tavole dei dati sia in valore assoluto che come percentuale rispetto agli abitanti delle singole zone.

Le altre variabili calcolate riguardano la caratterizzazione degli *spostamenti sistematici*.^{vi} Il primo indicatore calcolato è stato riferito alla caratterizzazione degli spostamenti generati in base alla *destinazione*, interzonale o intrazonale. Le variabili costruite sono state le seguenti: *GDes1* Abitanti che non compiono nessun spostamento sistematico; *GDes2* Abitanti che compiono spostamenti interzonal; *GDes3* Abitanti che compiono spostamenti intrazonali.

Anche in questo caso si è provveduto a compiere una successiva specificazione delle variabili considerate. In particolare sono state create delle classi di distanza per gli spostamenti interzonal.

Per far ciò sono state incrociate la matrice delle distanze e la matrice O/D completa, così da ottenere per ogni classe di distanza (sulla base di soglie opportunamente scelte in base ad un'analisi della distribuzione di frequenze) il numero degli spostamenti originati da ogni zona.

Le variabili costruite sono: *GDis2* Generati interzonal con percorrenza inferiore a 5 Km; *GDis3* Generati interzonal con percorrenza compresa tra 5 e 10 Km; *GDis4* Generati interzonal con percorrenza compresa tra 10 e 30 Km; *GDis5* Generati interzonal con percorrenza superiore ai 30 Km.

Oltre alla caratterizzazione degli spostamenti originati in base alla distanza, si è anche ritenuto opportuno individuare il *mezzo di trasporto utilizzato* per lo spostamento.

Le variabili costruite sono: *GMod1* Generati verso zone esterne che usano l'auto; *GMod2* Generati verso zone esterne che usano il treno; *GMod3* Generati verso zone esterne che usano l'autobus; *GMod4* Generati intrazonali che usano l'auto; *GMod5* Generati intrazonali che usano il bus; *GMod6* Non generati (non compiono spostamenti sistematici)^{vii}.

Anche per questi ultimi due gruppi di variabili sono stati inseriti i valori assoluti e quelli percentuali calcolati sulla popolazione delle singole zone.

Un'ultima variabile è stata costruita sulla base del *rapporto tra attratti e generati* da ogni zona, per descrivere con un indicatore sintetico il ruolo e la rilevanza che ogni realtà territoriale svolge nel sistema complessivo degli spostamenti presi in esame. La variabili definite sono relative a 5 classi dimensionali: *AtGe1* Rapporto attratti/generati inferiore a 0,5; *AtGe2* Rapporto attratti/generati compreso tra 0,5 e 0,8; *AtGe3* Rapporto attratti/generati compreso tra 0,8 e 1,2; *AtGe4* Rapporto attratti/generati compreso tra 1,2 e 2; *AtGe5* Rapporto attratti/generati superiore a 2.

2.2 Le relazioni emergenti

La tavola di dati è stata sottoposta ad un'analisi fattoriale delle componenti principali^{viii}. Come è noto, il ricorso a tecniche multivariate si rivela particolarmente utile quando è necessario descrivere fenomeni complessi che sono il frutto dell'interazione tra molteplici fattori e sono descritti da un numero elevato di variabili.

Variabili attive^{ix}:

Abit1: abitanti in centri con popolazione inferiore ai 2000 abitanti;
Abit2: abitanti in centri con popolazione compresa tra i 2000 e i 10000 abitanti;
Abit3: abitanti in centri con popolazione superiore ai 10000 abitanti;
Abit4: abitanti nei nuclei;
Abit5: abitanti nelle aree sparse;
Eta1: abitanti con età < 18 anni;
Eta2: abitanti con età compresa tra 18 e 65 anni;
Eta3: abitanti con età maggiore di 65 anni;
GDis1: generati intrazonali;
GDis2: generati interzonali con percorrenza inferiore a 5 Km;
GDis3: generati interzonali con percorrenza compresa tra 5 e 10 Km;
GDis4: generati interzonali con percorrenza compresa tra 10 e 30 Km;
GDis5: generati interzonali con percorrenza superiore ai 30 Km;
GDis6: non generati (nessun spostamento sistematico);
GMod1: generati verso zone esterne che usano l'auto;
GMod2: generati verso zone esterne che usano il treno;
GMod3: generati verso zone esterne che usano l'autobus;
GMod4: generati intrazonali che usano l'auto;
GMod5: generati intrazonali che usano il bus;
GMod6: non generati (non compiono spostamenti sistematici) e generati che usano il treno.

Variabili supplementari:

Ab1: abitanti nei centri;
Ab2: abitanti nei nuclei;
Ab3: abitanti nelle case sparse;
Ar1: area centri;
Ar2: area nuclei;
Ar3: area case sparse con densità inferiore a 25 Ab/Kmq;
Ar4: area case sparse con densità superiore a 25 Ab/Kmq;
GDes1: abitanti che non compiono nessun spostamento sistematico;
GDes2: abitanti che compiono spostamenti interzonali;
GDes3: abitanti che compiono spostamenti Intrazonali;
AtGe1: rapporto attratti su generati inferiore a 0,5;
AtGe2: rapporto attratti su generati compreso tra 0,5 e 0,8;
AtGe3: rapporto attratti su generati compreso tra 0,8 e 1,2;
AtGe4: rapporto attratti su generati compreso tra 1,2 e 2;
AtGe5: rapporto attratti su generati superiore a 2.

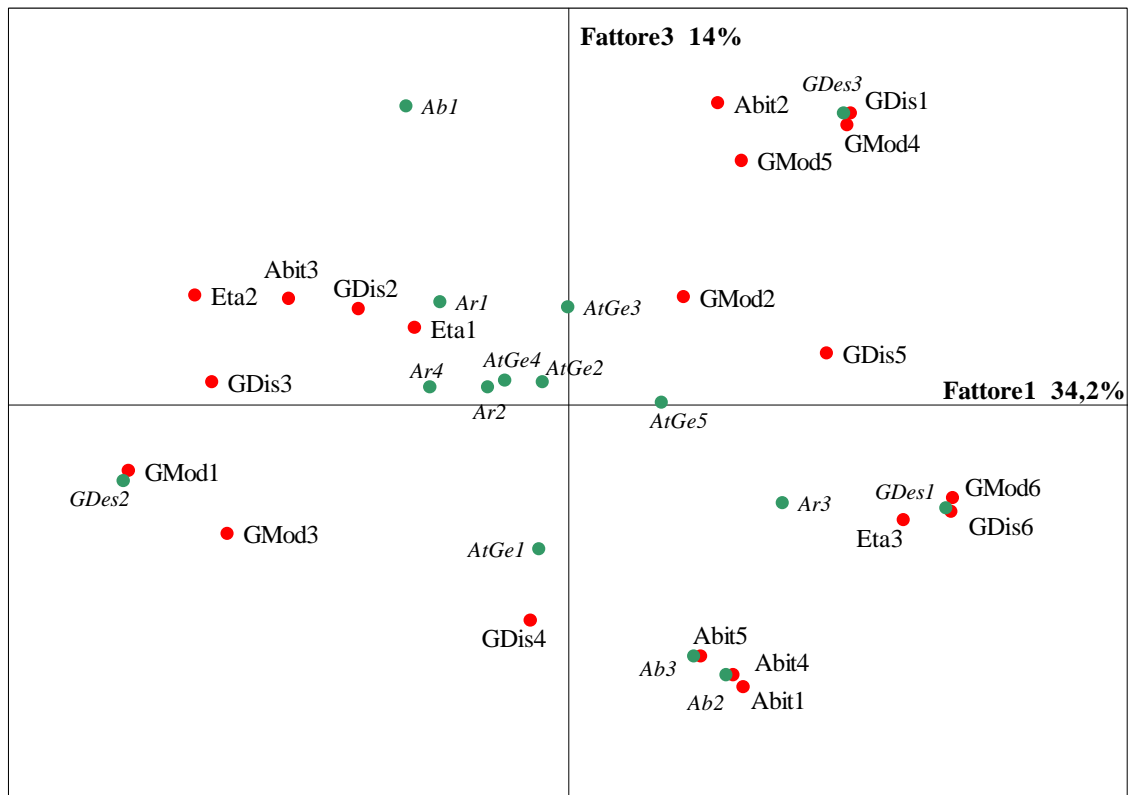
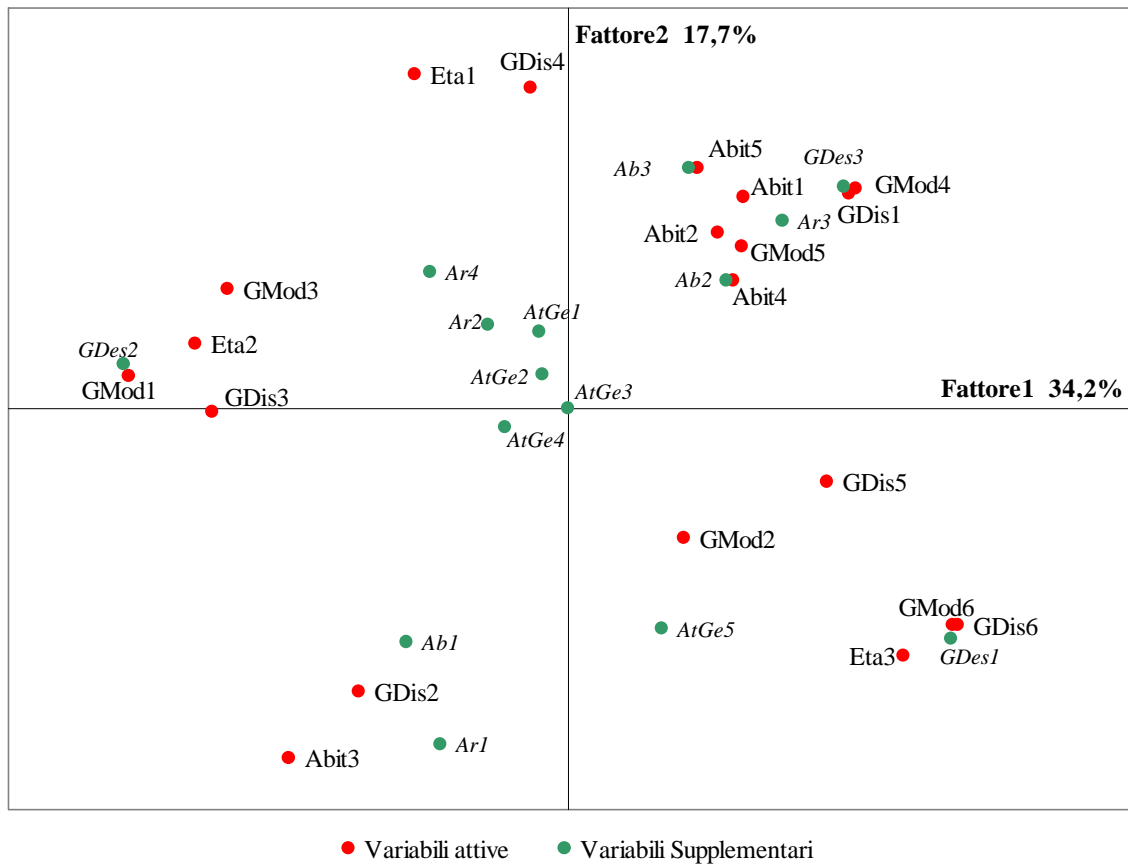
L'analisi fattoriale delle componenti principali è stata effettuata con i software ADDATI (Griguolo, Mazzanti 1998), di cui si riportano alcuni outputs significativi.

Fattori ed inerzia spiegata			
<i>Fattore</i>	<i>Autovalore</i>	<i>Inerzia Spiegata %</i>	<i>Inerzia Cumulata %</i>
1	6.8475367	34.238	34.238
2	3.5307915	17.654	51.892
3	1.2675813	13.961	65.852
4	1.2675813	6.338	72.190
5	1.0263956	5.132	77.322
6	0.8387070	4.194	81.516
7	0.6890225	3.445	84.961
8	0.6539087	3.270	88.230
9	0.5419361	2.710	90.940
10	0.5050985	2.525	93.466
11	0.4410431	2.205	95.671
12	0.3885535	1.943	97.614
13	0.2628334	1.314	98.928
14	0.2143501	1.072	99.999
15	0.0001061	0.001	100.000

Per la descrizione completa sono stati considerati i primi sette fattori che, spiegando circa l'85% dell'inerzia totale, danno una spiegazione abbastanza soddisfacente del fenomeno.

Si riporta schematicamente l'interpretazione dei primi tre fattori e i piani fattoriali relativi rispettivamente ai fattori 1 e 2, e 1 e 3.

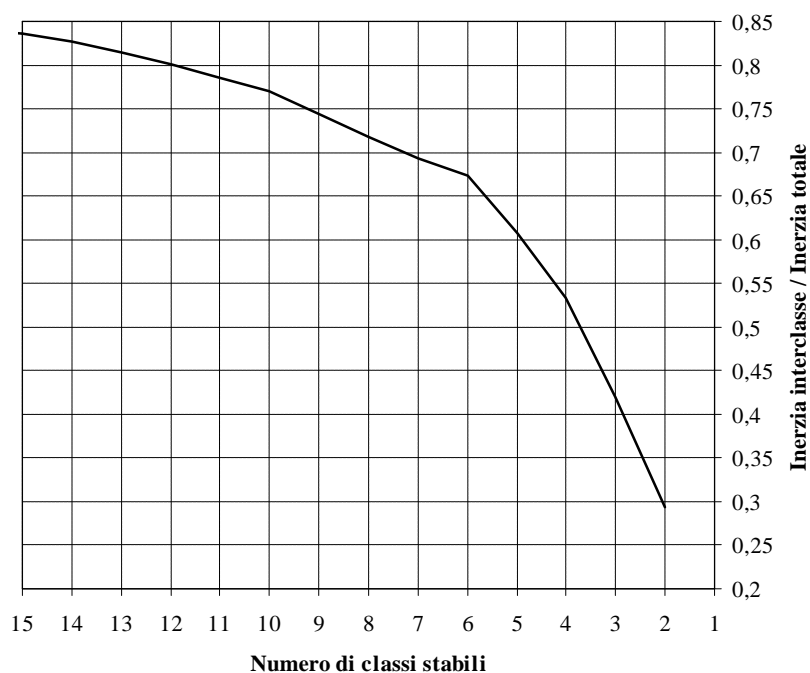
<i>1° Fattore (34.2%)</i>	<u>Eta2</u> : Popolazione tra 18 e 65 anni <u>GMod1</u> : Generati interzonal su auto <u>GDis3</u> : Generati con percorrenze tra 5-10 Km <u>GMod3</u> : Generati interzonal su bus <u>GDis2</u> : Generati interzonal <p style="text-align: center;">—</p> <i>Domanda elevata di mobilità per lavoro su mezzo privato o autobus a breve media distanza.</i>	<u>GMod6</u> : Non generati <u>Eta3</u> : Popolazione > 65 anni <p style="text-align: center;">+</p> <i>Domanda debole.</i>	Asse della intensità della domanda di mobilità
<i>2° Fattore (17.7%)</i>	<u>Abit3</u> : Abitanti in centri con pop > 10000 ab <u>GDis2</u> : Generati con percorrenza <5Km <u>Eta3</u> : Pop. con età >65 anni <p style="text-align: center;">—</p> <i>Mobilità a breve raggio in zone ad alta densità.</i>	<u>Eta1</u> : Pop. di età <18 anni <u>GDis4</u> : Generati con percor. >30Km <p style="text-align: center;">+</p> <i>Mobilità a media-lunga distanza, in zone a popolazione giovane (studenti).</i>	Asse della natura degli spostamenti
<i>3° Fattore (14%)</i>	<u>Abit1</u> : Abitanti in centri con pop < 2000 ab <u>Abit4</u> : Abitanti in nuclei <u>Abit5</u> : Abitanti in case sparse <p style="text-align: center;">—</p> <i>Zone a bassa densità</i>	<u>Abit2</u> : Abitanti in centri con pop tra 2000 e 10000 ab <u>GMod4</u> : Generati intrazonali che usano l'auto <u>GMod5</u> : Generati intrazonali che usano il bus <p style="text-align: center;">+</p> <i>Zone a media densità con elevata mobilità intrazonale</i>	Asse della densità insediativa



2.3 La classificazione delle zone e la descrizione dei profili

Per fornire una rappresentazione semplificata delle strutture in esame, è stato sviluppato un procedimento di classificazione. La determinazione dei *clusters* è stata effettuata con una classificazione matematica non gerarchica, applicata alle unità statistiche rappresentate dalle 223 zone territoriali e ai primi 7 fattori.

Grafico dei valori della funzione obiettivo



Anche per la loro determinazione è stato utilizzato il software ADDATI, ed in particolare il metodo di partizione non gerarchico. E' stata scelta una partizioni in sei classi stabili che spiega i due terzi dell'inerzia totale^x.

Il profilo delle sei classi stabili è riportato nella tabella seguente.

PROFILI DELLE 6 CLASSI

Classe descrizione	1 dom. debole, diffusa e lungo raggio	2 dom. media, diffusa e a lungo raggio	3 dom. media, concentrata e breve raggio	4 dom. media, nodo(lineare) e intrazonale (auto, ferr.)	5 dom. debole, concentrata e breve raggio	6 dom. forte, concentrata e breve- medio raggio (auto-bus)	Prof. Glob.
<i>Num zone</i>	90	57	23	26	14	12	222
<i>variabili attive</i>							
Abit1 Abitanti centri < 2.000 ab.	59,412 ++	47,191 +	2,486 –	13,901 –	0,395 –	7,102 –	24,543
Abit2 Abitanti centri 2.000-10.000 ab.	0,171 –	3,761 –	0,000 –	65,447 ++	8,331 –	9,130 –	15,555
Abit3 Abitanti centri >10.000 ab.	0,000 –	10,927 –	90,587 ++	0,000 –	90,335 ++	76,121 +	38,311
Abit4 Abitanti Nuclei	12,508 +	9,083 +	1,640 –	4,553 •	0,035 –	1,456 –	5,534
Abit5 Abitanti Case Sparse	27,909 +	29,038 +	5,286 –	16,098 •	0,904 –	6,191 –	16,057
Eta1 Abitanti con età < 18 anni	16,878 –	18,684 +	17,239 •	17,680 •	13,841 –	19,362 +	17,511
Eta2 Abitanti con età 18 – 65 anni	62,482 –	64,812 •	65,884 +	64,283 •	63,094 –	67,999 ++	64,744
Eta3 Abitanti con età > 65 anni	20,640 +	16,503 –	16,877 –	18,037 •	23,065 ++	12,638 –	17,746
GDis1 Generati intrazonali	6,838 +	2,753 –	2,435 –	11,675 ++	3,657 –	2,120 –	5,193
GDis2 Generati interzonali con percorrenza < 5 Km	0,350 –	1,478 –	12,120 ++	0,160 –	6,445 +	5,054 •	4,077
GDis3 Generati interzonali con percorrenza 5 - 10 Km	1,401 –	9,610 •	9,044 •	3,269 –	5,052 –	23,060 ++	8,014
GDis4 Generati interzonali con percorrenza 10 - 30 Km	10,318 •	15,668 +	4,971 –	10,732 •	2,094 –	9,434 •	9,536
GDis5 Generati interzonali con percorrenza > 30 Km	4,638 +	2,436 –	2,928 •	3,556 •	3,095 •	1,202 –	3,065
GDis6 Non Generati (nessuno spostamento sistematico)	76,456 +	68,056 –	68,502 –	70,609 •	79,657 ++	59,129 –	70,115
GMod1 Generati verso zone esterne che usano l'auto	11,111 –	22,471 +	22,345 +	12,474 –	13,108 –	29,461 ++	18,431
GMod2 Generati verso zone esterne che usano il treno	1,432 •	0,965 –	1,563 •	1,726 +	1,691 •	0,841 –	1,372
GMod3 Generati verso zone esterne che usano il bus	4,163 –	5,755 +	5,154 •	3,519 –	1,880 –	8,447 ++	4,889
GMod4 Generati intrazonali che usano l'auto	6,285 +	2,459 –	2,089 –	10,430 ++	3,150 –	1,770 –	4,628
GMod5 Generati intrazonali che usano il bus	0,522 •	0,287 –	0,332 –	1,150 +	0,455 •	0,342 –	0,531
GMod6 Non Generati e Generati intrazonali che usano il treno	76,487 +	68,063 –	68,516 –	70,701 •	79,716 ++	59,139 –	70,149

continua

segue

Classe descrizione	1 dom. debole, diffusa e lungo raggio	2 dom. media, diffusa e a lungo raggio	3 dom. media, concentrata e breve raggio	4 dom. media, nodo(lineare) e intrazonale (auto, ferr.)	5 dom. debole, concentrata e breve raggio	6 dom. forte, concentrata e breve- medio raggio (auto-bus)	Prof. Glob.
<i>variabili supplementari</i>							
Ab1 Abitanti nei Centri	59,583 –	61,880 –	93,073 +	79,348 •	99,062 ++	92,353 +	78,409
Ab2 Abitanti nei Nuclei	12,508 +	9,083 +	1,640 –	4,553 •	0,035 –	1,456 –	5,534
Ab3 Abitanti Case Sparse	27,909 +	29,038 +	5,286 –	16,098 •	0,904 –	6,191 –	16,057
GDes1 Non Generati	76,456 +	68,055 –	68,502 –	70,608 •	79,663 ++	59,127 –	70,115
GDes2 Generati interzonali	16,707 –	29,192 +	29,063 +	17,718 –	16,680 –	38,753 ++	24,692
GDes3 Generati intrazonali	6,838 +	2,753 –	2,435 –	11,675 ++	3,657 –	2,120 –	5,193
Ar1 Area Centri	1,773 –	5,200 –	43,909 +	6,814 –	76,810 ++	32,845 +	22,678
Ar2 Area Nuclei	0,417 •	0,654 •	0,792 •	0,452 •	0,162 –	0,948 +	0,591
Ar3 Area Case Sparse densità <25 Ab./Kmq	79,607 +	55,830 +	23,071 –	62,206 +	12,310 –	22,281 –	46,650
Ar4 Area Case Sparse densità >25 Ab./Kmq	18,204 –	38,315 +	32,228 •	30,528 •	10,719 –	43,926 +	30,080
AtGe1 Rapporto Attratti su Generati 0 - 0,5	71,271 +	50,476 •	43,662 •	28,773 –	0,415 –	41,230 •	42,966
AtGe2 Rapporto Attratti su Generati 0,5 - 0,8	14,434 –	30,146 •	18,571 •	26,562 •	19,210 •	38,218 +	24,228
AtGe3 Rapporto Attratti su Generati 0,8 - 1,2	13,062 •	10,272 •	16,204 •	26,943 +	0,000 –	6,183 –	13,839
AtGe4 Rapporto Attratti su Generati 1,2 - 2	0,785 –	8,132 •	11,029 •	6,661 •	12,406 •	14,370 +	8,252
AtGe5 Rapporto Attratti su Generati > 2	0,449 –	0,973 –	10,535 •	11,061 •	67,970 ++	0,000 –	10,714

Le 6 classi di mobilità individuate possono essere così sinteticamente descritte:

Classe 1 (90 zone, 147 mila abitanti, 18%)

domanda debole, diffusa e lungo raggio

Zone a bassa densità insediativa a domanda interzonale debole (e domanda intrazonale significativa).

Si tratta di zone a bassa densità (con ampie superfici disabitate) con insediamenti addensati in piccoli centri (59% della popolazione risiede in centri con meno di 2 mila abitanti) e nuclei (12%) oppure sparsi (28%), con popolazione anziana (21%), a domanda di mobilità interzonale debole (14% della popolazione) e a lungo raggio (5% percorre più di 30 km), con indice di attrazione minimo ($71\% < 0.5$ attratti/generati). Gli spostamenti intrazonali sono invece relativamente elevati (7%) e con un significativo ricorso all'auto privata (6%).

Classe 2 (57 zone; 162 mila abitanti, 20%)

domanda media, diffusa e a lungo raggio

Zone a urbanizzazione diffusa-polinucleare a media generazione di domanda di raggio medio-elevato.

Si tratta di zone a urbanizzazione polinucleare e sparsa, con popolazione giovane (19%), a domanda di mobilità media (32%) e con spostamenti di raggio medio-alto (10-30km) e ricorso significativo al mezzo privato (22%) o all'autobus (6% contro il 5 medio).

Classe 3 (23 zone; 164 mila abitanti, 20%)

domanda media, concentrata e breve raggio

Zone a urbanizzazione compatta a media generazione di domanda e a breve raggio.

Individua zone accentrate di prima periferia (90%) con presenza significativa di popolazione in età lavorativa (66%) e a domanda di mobilità media (32% della popolazione), con spostamenti di breve raggio (12% percorre meno di 5 km, tre volte la media) effettuati con il mezzo privato (22% contro il 18% medio)

Classe 4 (26 zone; 158 mila abitanti, 20%)

domanda media, nodo (lineare) e intrazonale (auto, ferrovia)

Zone a urbanizzazione policentrica-lineare a forte mobilità intrazonale (anche treno).

Si tratta di zone a urbanizzazione policentrica (65% degli abitanti vive in centri di 2-10 mila abitanti) a media generazione di domanda (30%) anche su mezzo ferrovia (2% circa) ma ad elevata mobilità intrazonale (12% della popolazione, contro il 5% medio) con un più che significativo ricorso all'auto privata (10% contro il 4% medio).

L'indice di attrazione è sulla media.

Classe 5 (14 zone; 72 mila abitanti, 9%)

domanda debole, concentrata e breve raggio

Zone a insediamento accentrato-compatto a domanda interzonale debole ma a forte attrazione di spostamenti.

Comprende zone accentrate (99% dei residenti vive nei centri) con popolazione anziana (23%) a domanda di mobilità in uscita molto debole (solo il 20% della popolazione si sposta fuori della zona) e a breve raggio (con spostamenti inferiori ai 5 km), ma ad elevata attrazione di spostamenti.

Classe 6 (12 zone, 100 mila abitanti, 12%)

domanda forte, concentrata e breve-medio raggio (auto-autobus)

Zone a forte generazione di domanda di raggio medio-breve.

Si tratta di zone di seconda corona urbana (perugina) con urbanizzazione addensata in centri frazionali (il 76% degli abitanti vive in centri con più di 10 mila abitanti), popolazione giovane (19%) o in età lavorativa (67%). A forte generazione di domanda interzonale (41%), e di raggio medio-breve (5-10 km), con un ricorso significativo al mezzo privato (30% contro il 18 medio) o all'autobus (8% contro il 5 medio).

Come si evince da questa descrizione l'unica classe caratterizzata da una forte domanda di mobilità è la classe 6 (100 mila abitanti il 12% della popolazione), mentre altre tre classi (la seconda la terza e la quarta), seppur con delle differenze rispetto al tipo di insediamenti, sono caratterizzate da un domanda di mobilità media e comprendono 484 mila abitanti (il 60% del totale).

Le zone a domanda debole sono identificabili nella prima e nella quinta classe (220 mila abitanti, pari a 27% della popolazione dell'intera Umbria).

Le zone appartenenti a tali classi sono però caratterizzate da forme insediative non equivalenti. Infatti la quinta classe può essere identificata con i centri storici, mentre nella prima sono presenti zone periferiche caratterizzate da una bassa densità insediativa.

Per descrivere meglio il fenomeno è stata perciò effettuata una ulteriore disaggregazione della prima classe. Per effettuare questa nuova classificazione è stata costruita una tavola di contingenza che mette a confronto la variabile *AbI* (% di popolazione abitante nei centri), con *GDesI* (% degli abitanti che non effettuano spostamenti abituali). In questo modo sono state individuate altre quattro sotto-classi:

1. Domanda molto debole e sparsa (33 mila abitanti, il 23% della classe 1 ed il 4% della popolazione totale dell'Umbria);
2. Domanda debole e sparsa (37 mila abitanti, il 26% della classe 1 ed il 4,5% della popolazione totale dell'Umbria);
3. Domanda debole e più addensata (36 mila abitanti, il 24% della classe 1 ed il 4,5% della popolazione totale dell'Umbria);
4. Domanda molto debole e più addensata (41 mila abitanti, il 27% della classe 1 ed il 5% della popolazione totale dell'Umbria).

2.3 La rappresentazione geografica delle tipologie di domanda

Dal punto di vista della collocazione geografica, la classificazione considerata fornisce una rappresentazione abbastanza pregnante e soddisfacente del territorio regionale.

Come si nota dalla tavola “Tipologie di domanda di mobilità”:

- . la *classe 1* include le situazioni insediative più periferiche in contesti prevalentemente montani: la dorsale appenninica (con qualche eccezione Norcia, Gualdo Tadino, Sigillo), i monti Martani, etc.
- . la *classe 2* comprende l'estrema periferia dei centri urbani principali: Perugia, Terni, Orvieto, Spoleto, Gubbio, Città di Castello;
- . la *classe 3* comprende la prima corona periferica dei centri principali: Perugia, Terni, Foligno, Spoleto, Orvieto, Città di Castello;
- . la *classe 4* comprende zone attestate lungo gli assi infrastrutturali principali: Perugia-Foligno, Perugia-Città di Castello, Perugia-Città della Pieve, Perugia-Marsciano-Todi-Terni;
- . la *classe 5* comprende i centri storici di Perugia, Terni, Foligno, Città di Castello, Bastia, Spoleto, Orvieto;
- . la *classe 6* comprende la seconda corona urbana perugina, ed è quasi esclusivamente riferita alle frazioni accentrate del territorio del capoluogo regionale.

Per quel che riguarda la *classe 1*, che isola le aree a domanda debole (vedi tavola “Tipologie di zone a domanda debole e diffusa”), è possibile identificare alcuni *ambiti territoriali* caratterizzati da una diversa combinazione dell'intensità della domanda e della morfologia insediativa (Tav. “Zone a domanda debole e diffusa. Individuazione di ambiti geografici”).

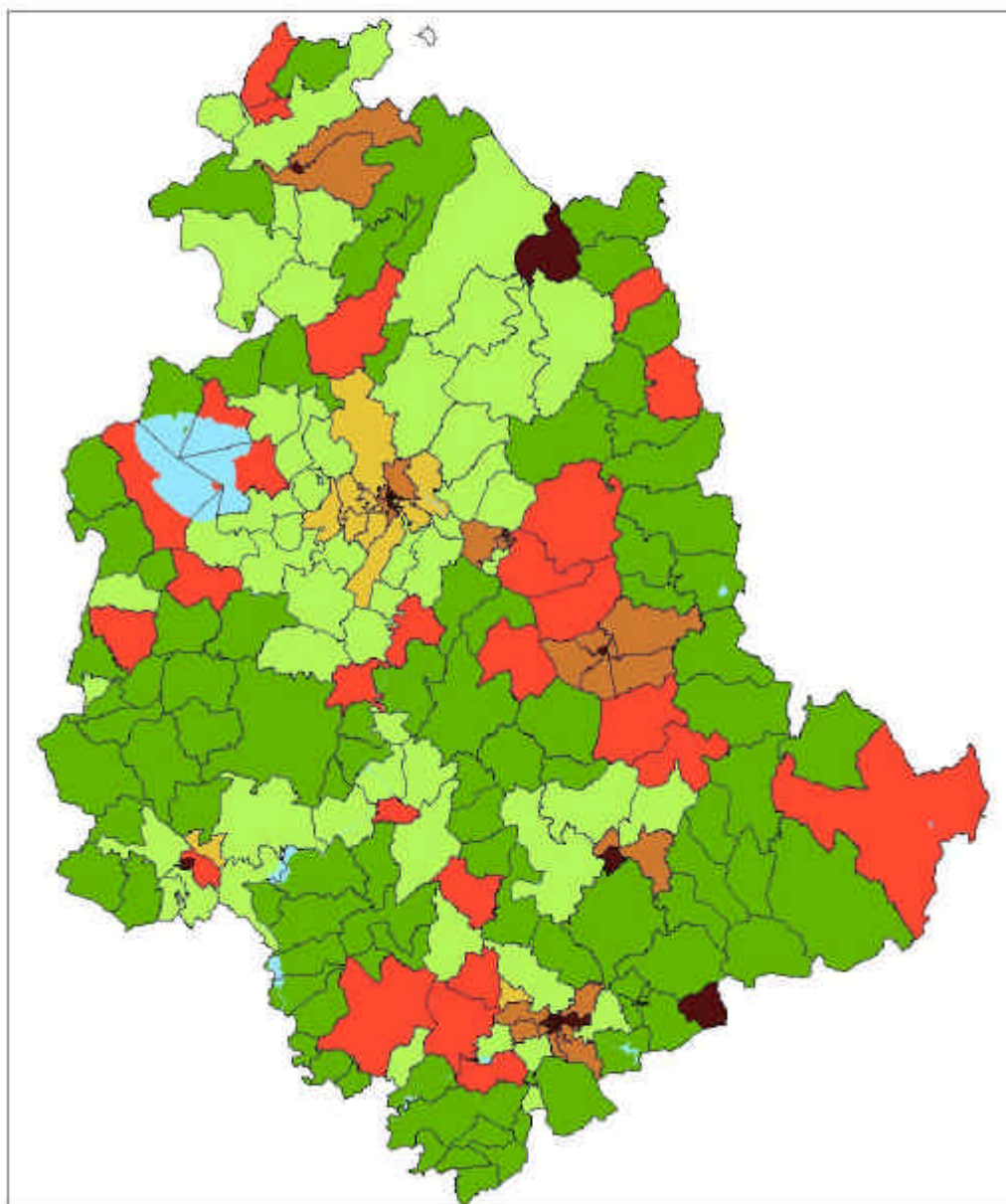
Gli ambiti individuati sono:

1. domanda di mobilità molto debole, sottoclassi 1 e 4;
2. domanda di mobilità meno debole, sottoclassi 2 e 3;
3. insediamenti sparsi, sottoclassi 1 e 2;
4. insediamenti più concentrati, sottoclassi 3 e 4.

- Cl. 1. Domanda debole, diffusa e lungo raggio
- Cl. 2. Domanda media, diffusa e a lungo raggio
- Cl. 3. Domanda media, concentrata e breve raggio
- Cl. 4. Domanda media, nodo (fluenza) e intrazonale (auto, ferrovia)
- Cl. 5. Domanda debole, concentrata e breve raggio
- Cl. 6. Domanda forte, concentrata e breve-medio raggio (auto-autobus)

Tipologie di domanda di mobilità

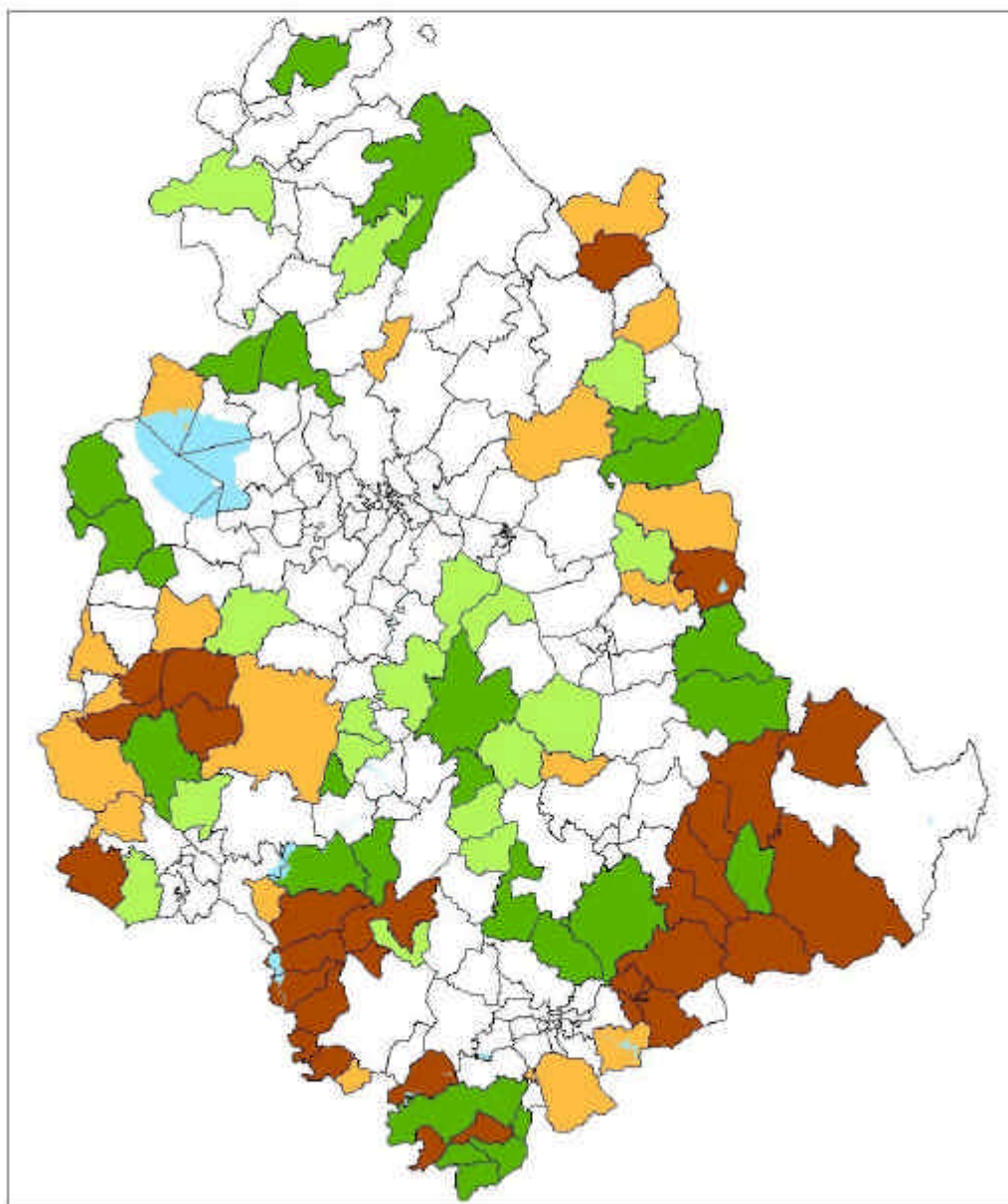
Scala 1:700.000
Fonte: us. elab.



- Cl. 1. Domanda molto debole e sparsa
- Cl. 2. Domanda debole e sparsa
- Cl. 3. Domanda debole e più addensata
- Cl. 4. Domanda molto debole e più addensata

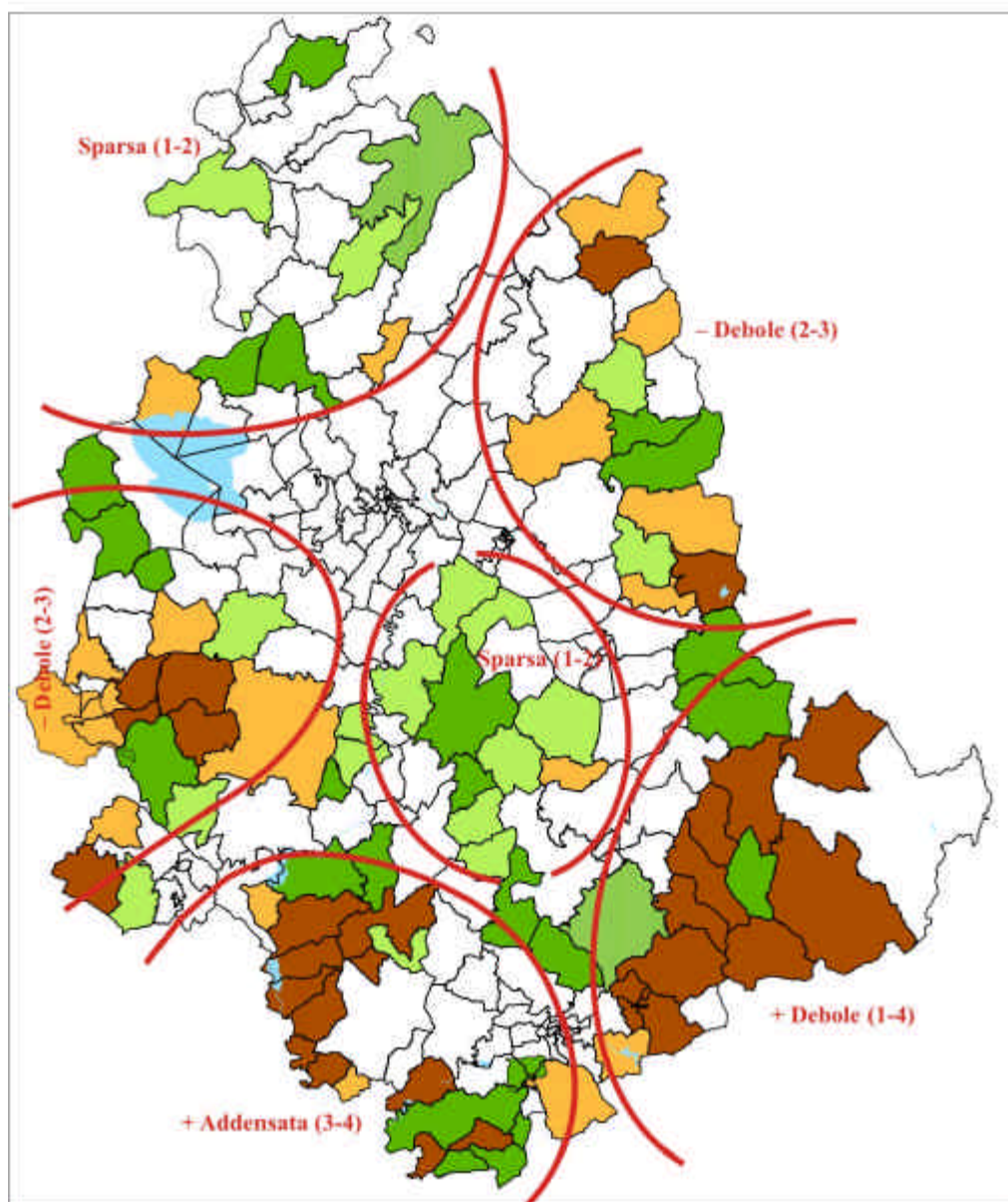
**Tipologie di zone a domanda
debole e diffusa**

Scala 1:700.000
Fonte: as-elab.



**Zone a domanda debole e diffusa.
Individuazione di "ambiti geografici"**

Scala 1:700.000
Fonte: ns. elab.



2.4 I caratteri dell'offerta del servizio pubblico

Come abbiamo precedentemente accennato, la capillarità delle reti stradali (Ferrari, 1998), non può essere ritenuto un fattore sufficiente a definire la caratterizzazione dell'offerta del servizio pubblico su base territoriale.

Si è pertanto definito uno schema di analisi più ampio ed articolato, introducendo ed elaborando una serie di indicatori aggiuntivi appositamente elaborati a partire dal modello dei trasporti.

Oltre alla *capillarità delle rete stradale*^{xi} all'interno di ogni zona, cioè il rapporto tra i Km di rete viaria nella zona e la superficie della stessa, utile per descrivere la densità di strade che sono disponibili per il servizio e anche quanto questo possa essere puntuale e diffuso, è stato definito un indicatore di *capillarità delle rete del trasporto pubblico*, ovvero la lunghezza degli archi percorsi da bus sulla superficie totale della zona^{xii}.

Altre due variabili inserite sono *il numero delle corse* che attraversano la zona nell'intervallo di tempo considerato ed *il numero delle fermate* presenti all'interno della stessa. A partire da queste ultime tre variabili se ne è costruita un'altra che calcola i *Km percorsi dai mezzi pubblici* all'interno di ogni zona nell'intervallo di tempo considerato^{xiii}.

L'ultima variabile ideata per la caratterizzazione del servizio pubblico, relativamente al livello di servizio delle singole zone, è data dalla *distanza media ponderata tra i centri presenti nella zona e la linea del bus più vicina*.^{xiv}

In definitiva le variabili calcolate per caratterizzare l'offerta del servizio pubblico sono le seguenti:

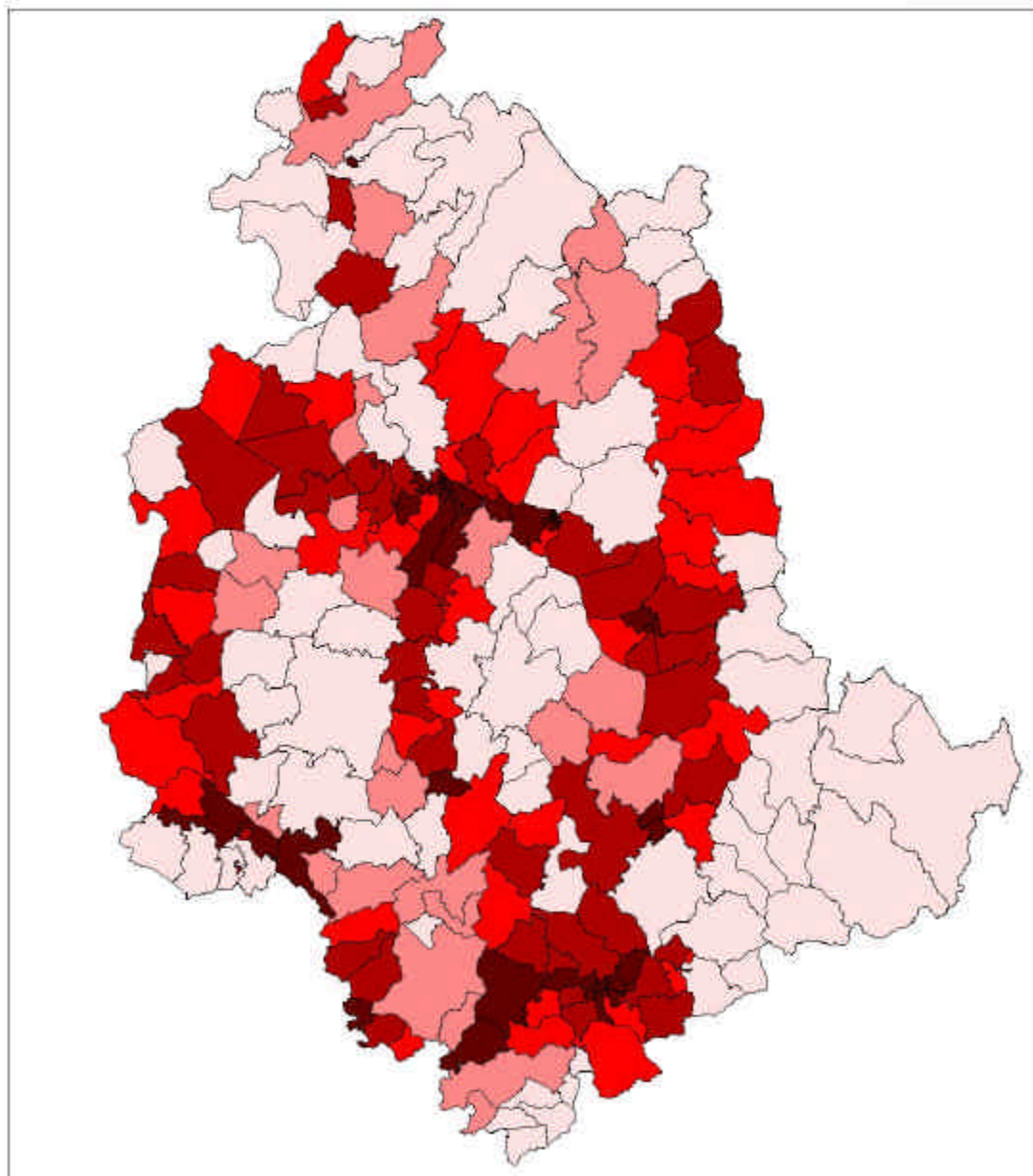
- . *CapReteStr*: Km delle strade interne ad una zona sulla superficie della zona (Km/Kmq);
- . *CapReteBus*: Km di strada interne alla zona percorsi dal bus sulla superficie della zona (Km/Kmq);
- . *NumCor*: numero corse effettuate per zona;
- . *NumFer*: numero fermate effettuate per zona;
- . *KmBus*: Km percorsi dai bus all'interno della zona diviso per la superficie della zona (Km/Kmq);
- . *DisCen*: distanza dei centri dalle linee di trasporto pubblico (Km). - media ponderata con gli abitanti dei centri -

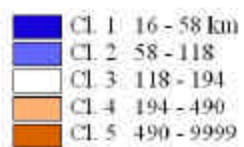
La rappresentazione di queste variabili, in particolar modo delle ultime due, fornisce un quadro piuttosto significativo dell'articolazione territoriale dell'offerta del trasporto pubblico locale, evidenziando le aree di carenza strutturale del servizio, che solo in alcuni casi si associa ad una sottodotazione in termini infrastrutturali di sedi viarie.



**Rapporto tra i km percorsi dai mezzi pubblici
e l'estensione della zona.
Classi equinumerose**

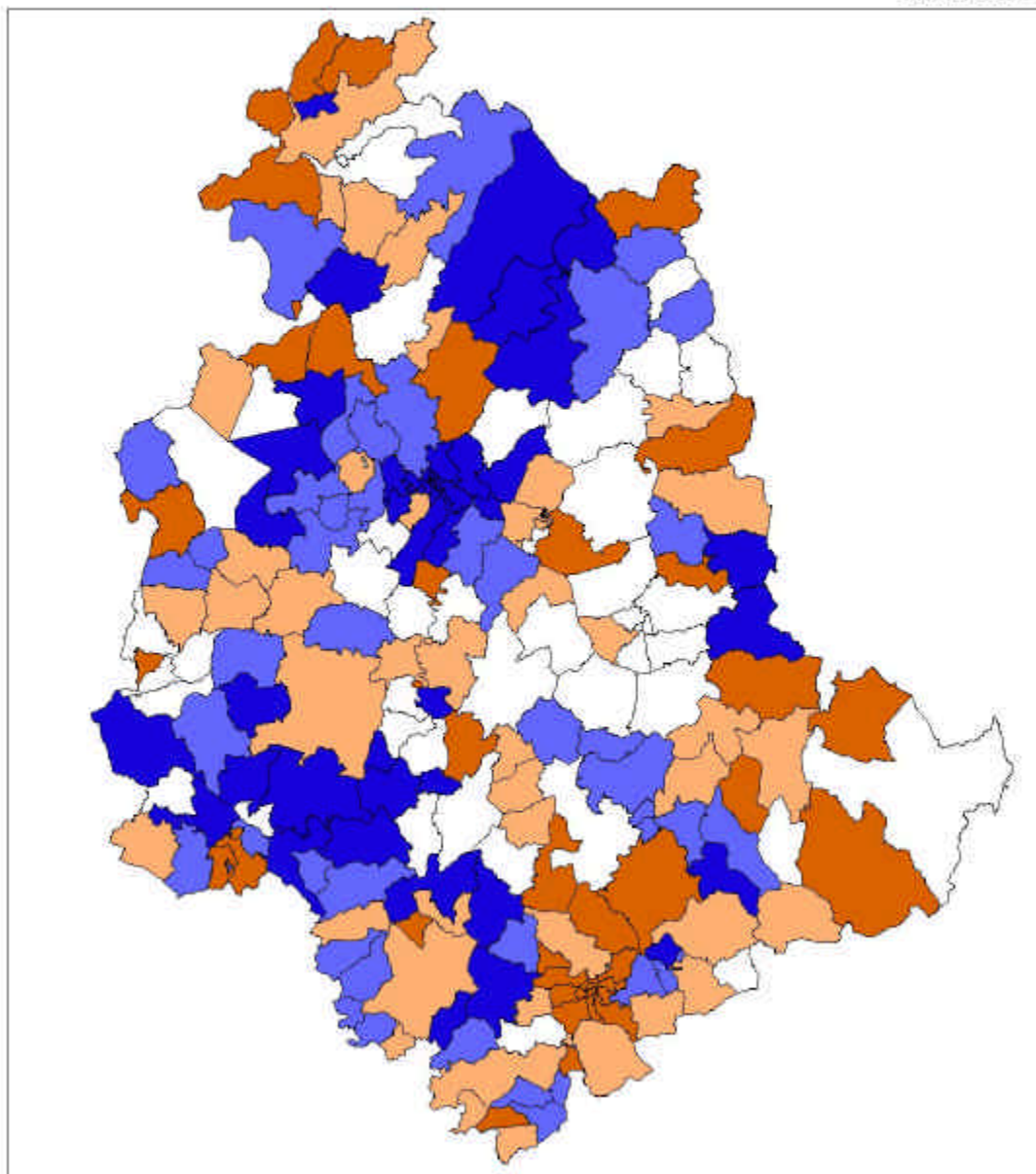
Fonti: ns. elab.





Distanza dei centri dalle linee di trasporto pubblico su gomma.
Media ponderata con gli abitanti dei centri
Classi equinumerose

Fonte: ns. elab.



3. PRIME CONCLUSIONI

La metodologia seguita e i primi risultati empirici conseguiti appaiono nel complesso abbastanza soddisfacenti. Ulteriori affinamenti dello schema di analisi possono derivare dalla costruzione e inserimento di una serie di variabili aggiuntive, attualmente non ancora disponibili, ad esempio relativamente alla mobilità non sistematica e ai poli attrattori di mobilità

Comunque, già da questa prima parziale sperimentazione, le varie rappresentazioni geografiche del fenomeno in esame, opportunamente sintetizzato nei suoi fattori discriminanti, appaiono sufficientemente efficaci e possono diventare un'utile immagine di riferimento per una migliore e diversa organizzazione su base territoriale dell'offerta di servizi di trasporto pubblico nella regione, congruente con le tipologie di domanda di mobilità emergenti.

In ogni caso, lo sforzo di far interagire metodologie di analisi multivariata con sistemi GIS e modelli di assegnazione dei trasporti risulta una strada da percorrere ulteriormente per sviluppare nuovi ed originali contributi di ricerca nel campo dei trasporti.

Bibliografia

- AA.VV. (1999) *Manuale per l'utente di VISUM TPr –TPb. Versione 6.5I*, Ptv System.
- Camicia S. (eds.) (2000) *Umbria e regioni contermini. Ambienti insediativi locali e relazioni transregionali*, Marsilio, Venezia.
- Ferrari P. (1998) *Un metodo per il progetto delle reti di trasporto pubblico*, CNR – Progetto Finalizzato Trasporti 2.
- Griguolo S., Mazzanti M. (1998) *Addati, un pacchetto per l'analisi esplorativa dei dati*, Libreria Progetto, Padova.
- Pratelli A. (1993) Sistemi di trasporto collettivo in aree a domanda scarsa, *Le Strade*, 1290, 76-88.

ABSTRACT

The work presents the methods and first results of the applying of an analysis scheme aimed at identifying and describing on a territorial level the types of demand for mobility in the Region of Umbria, with particular attention given to areas with a weak demand, in which the users have a low spatial density, use is scattered over time, or there is reduced mobility.

The empirical indicators regarding the settlement and demographic characteristics and the mobility in the territory were processed using multivariate analysis techniques, and are also the result of procedures integrating GIS systems and transportation assignment models.

NOTE

ⁱ Questi servizi sono tali da avere una qualità di servizio simile a quella dei taxi con costi relativamente contenuti e con un'efficacia nettamente superiore a quella che potrebbe avere un sistema di trasporto collettivo di tipo tradizionale operante nella stessa condizione di domanda.

ⁱⁱ Per la Regione dell'Umbria, in particolare vedi la Legge Regionale 12 ottobre 1998, n.37 "Norme in materia di trasporto pubblico locale in attuazione del decreto legislativo 19 novembre 1997, n.422". L'art. 1, in particolare, recita che "Tra le finalità sono presenti: la mobilità sostenibile, l'integrazione tra le diverse modalità compresi i servizi a chiamata, il contenimento del traffico privato, la trasformazione delle aziende speciali e dei consorzi in società per azioni, il coordinamento delle politiche dei trasporti con le politiche di pianificazione del territorio".

ⁱⁱⁱ I compiti principali dell'Osservatorio Regionale della Mobilità in Umbria sono essenzialmente: razionalizzazione e sistemazione delle modalità e procedure di acquisizione dei dati di trasporto, dei dati socio-economici e territoriali; ottimizzazione delle basi cartografiche, del grafo delle reti e delle banche dati alfanumeriche; definizione delle modalità e procedure di "aggiornamento continuo" delle basi informative; definizione del sistema di monitoraggio delle mobilità; definizione delle modalità e procedure di elaborazione-trattamento-trasmissione dei dati e definizione degli strumenti software e hardware adeguati; costruzione ed implementazione di modelli logico-matematici.

^{iv} La zonizzazione è stata effettuata a scala subcomunale sulla base di una serie di variabili morfologiche, insediative e di dotazione infrastrutturale.

^v Quest'ultima è stata ricalcolata perché l'intervallo di definizione temporale e i criteri di costruzione sono diversi da quelli relativi alla matrice O/D del trasporto privato usata in fase di assegnazione.

^{vi} Limitarsi a considerare gli spostamenti sistematici è stata una scelta obbligata, non essendo possibile, a livello sistematico e per l'intera regione, oltre che naturalmente su base zonale come il modello di analisi predisposto richiede, elaborare dati sui flussi in entrata e uscita riferiti ai movimenti non sistematici.

^{vii} A questa classe sono stati aggregati anche i generati che usano il treno, i quali risultano statisticamente irrilevanti.

^{viii} L'analisi delle componenti principali, in particolare, è un procedimento utilizzato per individuare un gruppo di p fattori minore delle q variabili che consentono di descrivere lo stesso fenomeno con una perdita minima (o trascurabile) di informazione. In sostanza, un fenomeno per descrivere il quale è necessario ricorrere a un elevato numero di variabili, può essere rappresentato da un ristretto numero di indicatori complessi (i fattori) che sintetizzano, con un contenuto informativo equivalente, le relazioni empiriche della tavola dei dati.

^{ix} Tutte le variabili sono state espresse in valore percentuale rispetto alla popolazione della zona considerata. La popolazione è stata assunta come peso delle singole classi.

^x In particolare sono state utilizzate 20 partizioni esplorative, con scelta casuale dei centri di aggregazione, ipotizzando una divisione in otto classi. Di queste partizioni si è scelto di incrociare le migliori quattro. A partire dalla nuova partizione costruita vengono ricavate le classi stabili, o meglio vengono proposte una serie di classi ed il valore della funzione obiettivo (inerzia interclasse/inerzia totale), che decresce al diminuire del numero delle classi. Il valore della funzione obiettivo, che è compreso tra 0 ed 1, indica quanto le classi riescano a cogliere tutte le differenze esistenti, e quindi a

descrivere meglio il fenomeno. Ovviamente la scelta del numero delle classi è data da una mediazione tra la numerosità delle classi scelte e la bontà della descrizione effettuata.

^{xi} La lunghezza degli archi stradali all'interno di una singola zona è calcolato direttamente dal modello d'assegnazione VISUM (1999) una volta che sono state inserite nello stesso le superfici delle zone.

^{xii} Anche questo indicatore è stato ricavato direttamente dal modello di assegnazione VISUM che ha compiuto una operazione analoga alla precedente relativamente ai soli archi abilitati al trasporto pubblico.

^{xiii} La prima operazione tecnica compiuta per arrivare a questo risultato è stata fatta, con il software ArcView, tramite overlay tra la rete viaria e i confini delle zone. In questo modo gli archi della rete viaria vengono spezzati dai confini delle zone e ad ogni singolo arco è assegnata la lunghezza, il numero della zona di appartenenza e l'identificativo dell'arco che è stato spezzato.

^{xiv} Per calcolare questo indicatore è stato necessario compiere varie operazioni preliminari. In primo luogo è stato necessario calcolare le coordinate dei baricentri dei 631 centri con il software ArcView. Sono state altresì calcolate le coordinate di tutti i vertici delle polilinee che compongono le linee di trasporto. A partire da questi dati è stata calcolata la distanza di ogni centro da tutti i vertici che descrivono l'offerta del servizio pubblico, e se ne è calcolato il minimo. Ci si è trovati a disposizione, in tal modo, per ogni centro la distanza dalla linea di servizio più vicina. Per ricondurre i dati a livello zonale è stata calcolata una media ponderata moltiplicando tale distanza per il numero degli abitanti del centro relativi a quella zona, diviso il numero totale degli abitanti nei centri relativi alla zona considerata. In altri termini, si è costruita una matrice che righe i centri e colonne le zone, nella quale il generico elemento ij era il numero di abitanti del centro i nella zona j . Questa matrice è stata moltiplicata per quella nella quale sono presenti le distanze dai centri alla linea più vicina. Della matrice ottenuta sono stati poi utilizzati i totali di colonna, poi pesati sul totale degli abitanti dei centri della zona.