

L'APPROCCIO ACTIVITY-BASED ALLA MODELLIZZAZIONE DELLA DOMANDA DI MOBILITA'

Italo MELONI¹, Erika SPISSU¹

¹ Crimm (Centro Ricerca Modelli Mobilità), Dipartimento di Ingegneria del Territorio - Università degli studi di Cagliari, piazza d'Armi 16, 09123, Cagliari

SOMMARIO

A partire dagli anni settanta, l'evoluzione dei sistemi di comunicazione tra le informazioni, le persone e le cose, ha fornito agli individui la possibilità di svolgere un'ampia varietà di nuove attività distribuite diffusamente nel territorio.

In questo contesto anche i metodi di analisi e di dimensionamento della domanda di mobilità di tipo tradizionale (trip-based) non risultano più adatti a descrivere la complessità del fenomeno, in particolare, in relazione alle interdipendenze tra generazione degli spostamenti, attività localizzate, opportunità di trasporto, vincoli ambientali e stili di vita.

In alternativa, si è sviluppato anche dal punto di vista applicativo, un nuovo approccio che si concentra sulle decisioni di uso del tempo degli individui, denominato "activity-based", che tratta la domanda di viaggio come derivata dalla necessità di svolgere delle attività.

Scopo della presente memoria è fornire un resoconto di tali metodi (basi concettuali, metodologie, risultati) e riportare un'applicazione per la valutazione di come può essere re-investito il tempo di viaggio risparmiato, a fronte di un miglioramento delle condizioni di operatività di una rete di trasporto (nuove infrastrutture).

1. INTRODUZIONE

L'analisi e il dimensionamento della domanda di mobilità assume un ruolo centrale nella progettazione funzionale dei sistemi di trasporto. Infatti, progettare funzionalmente un sistema di trasporto o alcune sue componenti significa dimensionare gli elementi che compongono il sistema (elementi infrastrutturali, organizzativi, gestionali, tecnologici, economici, sociali etc.) attraverso la definizione delle caratteristiche di funzionamento e di prestazione di infrastrutture, mezzi, servizi, attività, prezzi, sistemi di controllo, di informazione etc. che insieme costituiscono le opportunità di trasporto capaci di soddisfare la domanda di mobilità di passeggeri e merci. Tali caratteristiche devono, inoltre, essere individuate e definite in modo tale da realizzare delle soluzioni fattibili rispetto agli obiettivi prefissati, cioè soddisfare la domanda di mobilità nel miglior modo possibile, ovvero in riferimento ad una pluralità di aspetti (trasportistici, finanziari, economici, territoriali, sociali, ambientali, energetici etc.). Quest'ultimo compito attiene appunto alla valutazione degli effetti (positivi e negativi) che dalla realizzazione delle soluzioni possono scaturire.

La descrizione e la stima quantitativa della domanda di mobilità, costituiscono una delle fasi più importanti e delicate di tutto il processo di pianificazione dei sistemi di trasporto. Ciò, oltre ad essere vero da un punto di vista strettamente tecnico-metodologico (p.e. i flussi veicolari che interesseranno una infrastruttura stradale creano un input indispensabile per stabilire le caratteristiche progettuali), lo è ancora di più in riferimento alla grande sfida che la politica dell'Unione Europea sta portando avanti nel settore dei trasporti, che tende a promuovere un coinvolgimento sempre più forte di capitali privati nel finanziamento di infrastrutture e servizi di trasporto. Il tutto richiede sicuramente analisi e valutazioni puntuali, dettagliate e precise, della domanda potenziale soddisfabile che possono realizzarsi con strumenti e metodi di dimensionamento quantitativo sempre più rigorosi ed affidabili.

La centralità dell'analisi della domanda, nel processo di pianificazione dei trasporti, si rileva anche dalla constatazione che in essa è ricompresa gran parte della complessità dell'intero sistema dei trasporti. Infatti, nell'analisi della domanda entrano in gioco numerosi fattori (interni ed esterni al sistema, p.e. i mezzi e le infrastrutture nei primi e le attività localizzate e l'ambiente nei secondi) che si influenzano reciprocamente, in modo diretto e indiretto, con rapporti anche non lineari e contrastanti, di natura non solo tecnica e quindi riconducibili a leggi fisiche (p.e. i comportamenti degli utenti). La stessa definizione della domanda di mobilità, come domanda "derivata" dalla necessità e/o dal desiderio degli utenti di utilizzare beni e risorse (partecipare alle attività) disponibili in luoghi diversi, fa intravedere il livello di complessità del fenomeno e il ruolo chiave svolto dal comportamento umano.

Come quindi affrontare un fenomeno così complesso? Il più accreditato approccio è quello sistemico che si concretizza attraverso:

- lo studio delle relazioni rilevanti tra le differenti componenti della mobilità;
- la formalizzazione matematica di queste relazioni, per costruire modelli in grado di simulare il fenomeno in laboratorio, riprodurre diversi scenari alternativi e gli effetti da questi prodotti, perché possano essere valutati ex-ante.

Nella ricerca sull'analisi della domanda di viaggio, da circa vent'anni, ma in modo sempre più incisivo in questi ultimi tempi, si stanno imponendo nuovi approcci che cercano di approfondire l'ampio contesto all'interno del quale le decisioni di viaggio vengono intraprese. Questi approcci, cosiddetti "activity-based" (approcci basati sulle attività) hanno come denominatore comune l'aspetto di trattare il viaggio all'interno degli schemi di partecipazione alle attività della popolazione. L'inizio del loro studio, datato sin dagli anni settanta (Damm, 1983; Jones et al., 1983; Pas, 1985; Kitamura, 1988; Jones, 1990; Axhausen & Garling, 1992, Meloni & Cherchi, 1997; Mc Nally, 2000), nasce principalmente dai cambiamenti registrati in quel periodo nelle politiche urbane, ambientali, energetiche, sociali ed economiche che hanno spinto i ricercatori a mettere a punto nuove teorie comportamentali, strutture concettuali e metodologie analitiche nonché modelli di simulazione della domanda di viaggio più sensibili al contesto e alle problematiche di riferimento.

Già nel 1977, alla terza Conferenza Internazionale sul Travel Behaviour in Australia (Hensher & Stopper, 1979), emerse come possibile nuovo approccio alla comprensione del comportamento di viaggio e allo sviluppo di modelli di previsione della domanda di mobilità, la teoria basata sulle attività così come enunciata dai geografi (Hagerstrand, 1970). Il principale paradigma di questa teoria era che "il comportamento di viaggio è il risultato di certe decisioni, effettuate dai componenti di una famiglia, circa le attività che essi desiderano intraprendere".

Le origini di quello che è divenuto noto poi come "l'approccio activity-based" all'analisi della domanda di trasporto possono essere individuate in un lavoro pionieristico condotto nell'Unità di Studio dei Trasporti dell'Università di Oxford (Jones, 1979). In questo studio la raccolta dei dati era finalizzata alla conoscenza della sequenza delle attività giornaliere dell'individuo, alle quali, infatti, veniva attribuito il ruolo di strumenti indispensabili per soddisfare le proprie necessità di base e le preferenze essenziali, durante il budget di tempo disponibile, che non poteva superare le 24 ore. Tra le attività su cui si indagava rientravano anche quelle che non necessitavano di uno spostamento, in quanto si affermava che, dallo studio delle attività in casa, si poteva capire realmente il meccanismo che spingeva gli individui allo scambio tra attività in casa e fuori casa.

In questi ultimi anni l'approfondimento della ricerca su questo approccio consiste nel mettere a punto uno strumento di analisi (modello) che utilizza come input informazioni socio-demografiche dei potenziali viaggiatori e informazioni sull'uso del territorio per riprodurre (sinteticamente) i programmi di attività (compresi i viaggi) che gli individui compiono nella vita di ogni giorno. Il risultato atteso è quindi, per un dato giorno, la stima di una dettagliata

lista di attività svolte in diversi luoghi, in termini di tempo speso o dedicato ad ogni attività, e informazioni sui viaggi svolti da un'attività all'altra (incluso tempo di viaggio, modo, percorso e così via). Questo strumento ancora non esiste anche se il rapido progresso e l'avanzamento della ricerca in questo campo fa ben sperare in un prossimo successo.

L'obiettivo di questa memoria è quello di sintetizzare i progressi fatti da così tanto tempo in questo filone di ricerca volto ad individuare nuovi modelli per la previsione della domanda di mobilità, e dimostrare i benefici che questo approccio basato sulle attività offrirà quando esso sarà pienamente sviluppato. In questa memoria verrà tracciata una sintesi sullo stato dell'arte della ricerca nel campo, con un esempio di come il trattamento della domanda di viaggio, con approcci basati sulle attività sia in grado di ampliare la conoscenza del fenomeno e rendere possibile la sua simulazione matematica in modo più rigoroso ed adatto ai problemi da affrontare.

Nel paragrafo 2 verrà esaminato il contesto di riferimento in cui l'approccio si è sviluppato e le motivazioni sull'interesse crescente non solo dei ricercatori, per questo approccio. Nel terzo paragrafo verrà definito in dettaglio in che cosa consiste l'approccio activity-based, le sue basi concettuali (par. 3.1), e gli sviluppi modellistica (3.2). Nella quarta ed ultima parte verrà esposta un'applicazione su dati italiani di uno dei metodi di analisi che si rifanno all'activity-based approach.

2. IL CONTESTO DI RIFERIMENTO

Si possono individuare tre aspetti che hanno decretato lo sviluppo degli approcci activity-based per l'analisi e la simulazione della domanda di trasporto e precisamente:

1. l'evoluzione e il cambiamento della caratterizzazione comportamentale della domanda di mobilità in questi ultimi trent'anni (socio-economica, ambientale, spaziale, temporale etc.);
2. l'incapacità degli interventi e delle misure sinora adottate per soddisfare la domanda di viaggio (specie veicolare) fondamentalmente basate sull'ampliamento dell'offerta;
3. i limiti e l'inabilità degli approcci e dei metodi tradizionali di analisi di tipo "trip-based" (basate esclusivamente sullo spostamento) di riprodurre un fenomeno sempre più complesso.

Analizzando singolarmente ognuno di questi aspetti si può osservare in riferimento al primo, come durante questi ultimi venticinque anni a tutt'oggi, gran parte dei paesi industrializzati ed anche quelli emergenti, ed in particolare in Europa e negli Stati Uniti, siano caratterizzati da una marcata crescita della mobilità sia passeggeri che merci. Molti indicatori, in particolare quelli che riguardano i flussi su strada e sul trasporto aereo evidenziano incrementi considerevoli, anche quando in molti paesi non si riscontrano significative variazioni di popolazione. A questo riguardo, numerose analisi fatte in molti paesi, mettono in risalto che

sono diversi i fattori che hanno contribuito a questa vertiginosa crescita della mobilità, sia di tipo economico che sociale. Questi possono essere sintetizzati con riferimento alla domanda di mobilità passeggeri come segue (Cherchi & Meloni, 2002):

- Tra i fattori economici si evidenzia:
 - a. l'incremento del reddito pro-capite annuo (+60% Italia, 1989-2000);
 - b. l'aumento della ricchezza netta delle famiglie (+ 50 % Italia, famiglie con 4 componenti, 1989-2000);
 - c. l'aumento della spesa delle famiglie nel settore dei trasporti (+19% Italia 1990-1998);
 - d. l'aumento del numero di auto circolanti (+24% in Italia, 1990-2000);
 - e. la diminuzione dei costi di possesso e di uso dell'auto (nel 1971 erano necessarie circa 40h per acquistare il bollo auto, nel 1992 ne servivano solo 16)
- Tra i fattori sociali (nuovi stili di vita in termini di modifica dei diritti, doveri, obblighi, esigenze, necessità, propri dell'individuo e della famiglia):
 - a. l'aumento del numero di nuclei familiari e la diminuzione della dimensione della famiglia (+10% singol, -5% coppie con tre o più figli in Italia, 1977-2000);
 - b. l'incremento di nuove attività e lavori flessibili (specie attività extra-domestiche);
 - c. la massiccia partecipazione delle donne in attività di lavoro fuori casa;
 - d. l'incremento degli interessi sociali, sportivi, culturali ed in generale di una maggiore disponibilità di tempo per attività discrezionali;
- Tra i fattori spazio-temporali (territoriali-transportistici)
 - a. crescita del numero di spostamenti ed in particolare quelli brevi di prossimità, di corto raggio, locali di tipo urbano e metropolitano;
 - b. crescita delle distanze medie percorse da ciascun veicolo;
 - c. crescita dei tempi dedicati ai viaggi;
 - d. variazione della distribuzione temporale (non solo pendolarità nell'ora di punta del mattino);
 - e. aumentano le catene di spostamenti.

Tutti questi fattori hanno contribuito, insieme ad una incapacità di governare a tutti i livelli il fenomeno, a rendere l'auto il mezzo preferenziale per fasce di mercato sempre più vaste e conseguentemente a produrre tutta una serie di effetti negativi sull'ambiente, specie a livello urbano e metropolitano. In particolare, l'incapacità di affrontare le problematiche si è manifestata nel limitato incremento della funzionalità delle infrastrutture, nel non far sopportare agli utenti del sistema dei trasporti (specie quelli dei veicoli privati) i costi che generano per intero, facendo sì che questi continuino a sottostimare il costo del loro spostamento e i costi derivanti dalle scelte del luogo di residenza e di lavoro, o a differirli nel

tempo, e così via; inoltre, nell'aumento della congestione, delle emissioni inquinanti, del consumo energetico, dell'incidentalità e della saturazione dello spazio urbano, per citare gli effetti negativi più noti. Queste ultime problematiche sono quelle che più di ogni altra, in questi ultimi dieci anni, hanno contribuito a che si consolidasse la consapevolezza circa l'inabilità delle tradizionali soluzioni trasportistiche a risolvere la congestione urbana e metropolitana e a diminuire gli impatti sull'ambiente.

In particolare è emerso sempre più in modo evidente che i soli interventi e misure di ampliamento dell'offerta di trasporto (supply-side strategies) non sono in grado di affrontare la congestione, e che questa invece deve essere affrontata in una prospettiva più ampia che miri ad includere interventi e misure combinate di regolazione della domanda (demand-side strategies), in seguito classificate TCM (Transportation Control Measures) e TDM (Travel Demand Management) (Meyer, 1999; Meloni & Cherchi, 2002). Queste misure in generale hanno l'obiettivo di incoraggiare (o obbligare) comportamenti di viaggio "vantaggiosi" dal punto di vista della riduzione della congestione e possono essere classificate in:

- a. Territoriali, che definiscono l'uso del suolo e la zonizzazione, e quindi la forma urbana in funzione, non solo dell'accessibilità, ma anche della riduzione della necessità di spostarsi e dell'entità degli spostamenti;
- b. Sostitutive degli spostamenti fisici come le applicazioni della telematica (telelavoro, teleacquisti, etc), allo scopo di ridurre ulteriormente la necessità di spostarsi, indipendentemente dalle caratteristiche della forma urbana;
- c. Informative per il viaggiatore, sia per l'utente del veicolo privato (informazioni sul traffico in tempo reale, sulla scelta del percorso) che per l'utente del servizio collettivo (su orari, coincidenze, tariffazione, intermodalità, etc.);
- d. Economiche (road pricing e altre misure di internalizzazione dei costi esterni) ed amministrative (orari di lavoro alternativi e flessibili), con lo scopo principale di equilibrare lo sfruttamento temporale delle infrastrutture e dei sistemi di trasporto;
- e. Marketing per la promozione e l'espansione del servizio di trasporto collettivo per trasformarlo in una reale alternativa al veicolo privato (servizi di bus espresso, infrastrutture di park and ride).

Appare chiaro come queste nuove misure identifichino negli individui, le famiglie, i loro comportamenti e gli stili di vita, gli attori principali del fenomeno e come risulti indispensabile, per valutare in anticipo gli effetti di tali interventi, disporre di metodi e modelli di simulazione che siano in grado di decidere su quali politiche confidare.

Da questo quadro scaturisce come inevitabilmente l'impostazione metodologica tradizionale non sia più in grado di riflettere di riflettere il comportamento dell'individuo alla base della scelta di viaggio e di valutare gli effetti delle nuove politiche di gestione della mobilità.

Per molti anni (sin dagli anni cinquanta), ed a livello pratico ancora oggi, la modellizzazione della domanda di viaggio è stata dominata dal cosiddetto “modello a quattro stadi” (FSM Four step model), nel quale il viaggio viene modellizzato sulla base dello spostamento (trip-based) piuttosto che sulle attività a cui si intende partecipare, disattendendo il concetto di base (teorico) che la domanda di viaggio è “derivata” dalla domanda di partecipare alle attività. In particolare nella sequenza del processo decisionale tradizionale (FSM) si assiste dal primo stadio (generazione) agli altri (distribuzione, scelta modale e del percorso) ad un decremento dell’influenza delle caratteristiche delle attività e ad un corrispondente incremento delle caratteristiche di viaggio. L’applicazione di questo approccio è quasi universalmente conosciuta come i suoi punti critici (Mc Nally, 2000) e in questa memoria si sintetizzeranno i principali limiti, per meglio far comprendere le nuove prospettive di analisi che l’approccio basato sulle attività consente di trattare (Tabella I).

Tabella I Activity-based e Trip-based a confronto

	Approccio TRIP-BASED	Approccio ACTIVITY-BASED
<i>Domanda di mobilità</i>	Numero di spostamenti Tijmr che hanno origine in i, attratti dalla zona j, effettuati col modo m, che seguono il percorso r.	Domanda derivata dalla necessità di svolgere e/o partecipare a determinate attività.
<i>Spostamento</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solo sistematico, ▪ evento certo, ▪ evento discreto, ▪ grandezza rigida rispetto al sistema di offerta; 	Strumentale agli individui per intraprendere spazialmente e temporalmente attività differenti.
<i>Tempo</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ costo sopportato per compiere un viaggio; ▪ misura della separazione spaziale e/o impedenza tra zone; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ componente centrale dello schema di attività dell’individuo; ▪ variabile continua come lo spazio; ▪ vincolo all’interno del quale le scelte di viaggio sono effettuate.
<i>Programma di attività</i>	ASSENTE	Attività e viaggi sono componenti interrelate del comportamento giornaliero di un individuo.
<i>Vincoli sul comportamento di viaggio</i>	ASSENTE	Interazioni tra i membri di una famiglia nell’ambito degli spostamenti generati dalle unità familiari.
<i>Informazioni rilevate</i>	Suddivisione degli spostamenti in “orario di punta” e “non di punta”.	Organizzazione del tempo, durata delle diverse attività e dei viaggi svolti dall’individuo.
<i>Scelta di viaggio</i>	Coerente e indipendente dai fattori ambientali che la influenzano	Funzione complessa delle abitudini, della dinamica della famiglia, del livello di informazione.

In primo luogo il limite dell'approccio trip-based è quello di concentrare l'analisi esclusivamente sugli "spostamenti" che vengono trattati come movimento fisico (senza contare i non spostamenti), evento certo (spesso solo quello sistematico per lavoro e studio), evento discreto, in modo separato ed indipendente da ogni altra circostanza (altri viaggi, attività, legami familiari, interdipendenze con altri individui), indipendentemente dalla dimensione temporale.

Questi limiti sono la prima ragione del perché gli effetti della domanda indotta non possono essere introdotti nei modelli a quattro stadi. Infatti, la generazione degli spostamenti in questi ultimi è indipendente dalle variazioni del sistema dei trasporti, in quanto diversamente dagli altri sub-modelli (distribuzione, scelta del modo e del percorso) la scelta se spostarsi o meno non è funzione del costo generalizzato del trasporto.

Una modifica delle infrastrutture di trasporto che porti ad una riduzione o ad un aumento del tempo necessario per compiere determinati spostamenti, modifica la disponibilità che l'individuo ha del tempo, lasciandone a disposizione di esso una certa quantità, utilizzabile per partecipare ad attività diverse da quelle obbligatorie (lavoro, attività in casa, etc.). A seconda della disponibilità di tempo, l'individuo potrà decidere di partecipare o meno ad attività da compiersi fuori dalla propria residenza, o dal luogo di lavoro. Poiché il tempo non può essere conservato, l'individuo, disponendo di un certo budget giornaliero di tempo, lo impiegherà per la partecipazione ad attività, molte delle quali avvengono lontano dalla residenza o dal luogo di lavoro, e quindi comporteranno l'effettuazione di uno spostamento. La mobilità è quindi derivata dalla necessità (o dal desiderio) di partecipare a determinate attività; alcune di queste attività possono non essere affatto intraprese, quindi non generare spostamenti.

3. L'APPROCCIO ACTIVITY-BASED

Negli ultimi trent'anni, come detto, sono emerse una grande abbondanza di teorie comportamentali, strutture concettuali, metodologie analitiche e studi empirici con l'obiettivo di approfondire l'ampio contesto all'interno del quale le decisioni di viaggio vengono intraprese, anche per dare una risposta più puntuale alle richieste dei decisori politici in merito alle nuove politiche di gestione dei fattori ambientali ed energetici. Questi nuovi metodi rientrano principalmente nel cosiddetto "Activity-Based Approach", con il quale viene individuata la comune interpretazione che la domanda di viaggio è una domanda derivata dalla necessità e/o dal desiderio, di partecipare a delle attività variamente distribuite nello spazio e nel tempo.

Jones fornisce questa definizione: "è una struttura in cui il viaggio è analizzato all'interno degli schemi di comportamento giornaliero o multigiornaliero, correlato a o derivato da differenze negli stili di vita e nella partecipazione alle attività della popolazione" (Jones,

1990). Questa definizione contiene due essenziali e rivoluzionari concetti, dal punto di vista della previsione dei viaggi: il primo riguarda l'importanza delle attività sui viaggi e il secondo delle persone sui veicoli. Questa comune filosofia, secondo cui le decisioni di viaggio sono basate sulle attività e che considera la comprensione del comportamento di viaggio secondaria alla comprensione del comportamento delle attività è divenuta nota, appunto, come "l'approccio activity-based".

In pratica, con questo approccio si vuole dare maggiore enfasi, anche dal punto di vista metodologico-applicativo, alla consapevolezza che lo spostamento è solo un fatto strumentale per gli individui, per intraprendere spazialmente e temporalmente attività differenti. L'attività è la causa, lo spostamento l'effetto.

Studiare e concentrare l'attenzione sulle attività per comprendere perché si generano certi spostamenti produce tutta una serie di vantaggi. Per esempio, primo fra tutti, l'activity-based rinuncia alle ipotesi di "certezza" dello spostamento e di indipendenza della generazione degli spostamenti dalle caratteristiche dell'offerta, che comporta il considerare l'esistenza di spostamenti non eseguiti, quindi non osservabili. Lo svolgimento di una attività può non richiedere uno spostamento (attività in casa) ed inoltre le attività possono essere sostituite e/o scambiate nello spazio (in casa/fuori casa) e nel tempo (anticipate e/o posticipate). In questo approccio l'attività è trattata in termini di durata (tempo dedicato) e quindi come una variabile continua (e non solo discreta).

Un altro vantaggio dell'analisi delle attività è che questa consente di studiarne le interrelazioni: le attività infatti sono intrinsecamente legate tra loro, non possono essere trattate singolarmente (come detto possono essere combinate, sostituite, scambiate etc.); sono poi vincolate dalle interrelazioni con i membri della famiglia, con le risorse disponibili, con l'ambiente esterno. La durata delle attività consente poi di scandire l'organizzazione giornaliera di un individuo sia spazialmente (dove le attività sono svolte) che temporalmente (quando e per quanto tempo).

Un altro elemento caratterizzante l'activity-based riguarda la concettualizzazione del "tempo" specie rispetto all'approccio basato sui viaggi (trip-based). Nello studio "trip based", il tempo è considerato in termini di tempo di viaggio (ovvero l'ammontare di tempo speso per spostarsi da un luogo ad un altro), con la ragionevole ipotesi che i viaggiatori preferiscano ridurre (se non minimizzare) il proprio tempo dedicato agli spostamenti. In tale contesto, il tempo è considerato come una caratteristica delle alternative riguardo le destinazioni, i modi e i percorsi. Di conseguenza, una determinata destinazione è considerata più o meno attrattiva sulla base di quanto tempo viene impiegato per raggiungerla da una data origine, confrontata con le altre destinazioni; similmente questo vale per i modi ed i percorsi alternativi di viaggio. In questo paradigma, le questioni riguardanti la distribuzione e la sequenzialità dei viaggi sono essenzialmente ignorate, fatta eccezione per la differenziazione tipica tra spostamenti in orari di punta e spostamenti in altra fascia oraria.

Nell'approccio activity based, d'altro canto, il tempo è la componente centrale, e non solamente in termini di tempo di viaggio. L'identificazione dei vincoli temporali, nel rispetto dei quali vengono effettuate le scelte, è un contributo importante di tale approccio per la comprensione del comportamento del viaggiatore. Il tempo è trattato come una grandezza continua (in termini di durata dell'attività), allo stesso modo con cui viene trattato lo spazio. Dunque, queste due grandezze, tempo e spazio, sono integrate tra loro in modo tale che il tempo viene considerato come la terza dimensione a fianco delle due dimensioni spaziali che descrivono il piano orizzontale degli spostamenti. Questo aspetto dell'approccio porta a prendere in considerazione la distribuzione e la sequenzialità delle attività (e dei relativi viaggi) in un dato intervallo temporale.

Da quanto fin qui descritto, emerge come un aspetto fondamentale dell'activity-based è rappresentato dalla necessità di disporre di molte e dettagliate informazioni e quindi, dalle tecniche di acquisizione dei dati che risultano completamente diverse da quelle dell'approccio tradizionale. Si passa cioè da dati di origine e destinazione degli spostamenti (indagini o/d) a indagini sulle attività svolte nell'arco di tempo preso come riferimento, normalmente l'intera giornata (diari di attività anziché diari di viaggio).

I diari di attività (Ampt, 1981) sono particolari questionari, costituiti da schede nelle quali l'utente deve riportare, per l'intera giornata e a volte per una settimana intera, la descrizione di tutte le attività svolte (tra cui gli spostamenti) con le relative caratteristiche.

L'indagine è rivolta non al singolo individuo ma all'intero nucleo familiare, per cui è possibile monitorare il ciclo vitale di tutti i componenti della famiglia che interagiscono tra loro. I diari di attività consentono di effettuare delle interviste che penetrano al di sotto della forma superficiale domanda-risposta e quindi hanno contribuito notevolmente allo sviluppo dell'activity-based. Viceversa la necessità di indagare sulle attività svolte dall'individuo ha contribuito allo sviluppo di queste nuove tecniche di collezione dei dati.

È stato dimostrato che l'utilizzo dei diari di attività fornisce una percentuale maggiore di spostamenti rispetto ai diari di viaggio e la ragione di questo è legata al fatto che l'interesse primario di un individuo è quello di partecipare alle attività, non ai viaggi, per cui l'individuo ha più facilità a ricordare le attività piuttosto che i viaggi. In particolare, i viaggi di lunga percorrenza sono riportati in modo simile nelle due indagini, mentre gli spostamenti di media e breve percorrenza, soprattutto non Home-based, sono sottostimati dalle indagini tradizionali, perché l'individuo non li percepisce come viaggi.

Altre tre tipologie di indagine, che hanno avuto un ruolo rilevante nello sviluppo dell'activity analysis, sono:

- cross-sectional survey”: producono la raccolta di dati, al tempo T, di un gran numero di gruppi identificabili che costituiscono una frazione della popolazione totale;
- “longitudinal survey”: una serie di indagini prolungate o ripetute su diversi periodi temporali sempre sullo stesso campione di individui, in maniera tale da monitorare i

cambiamenti che si verificano nella domanda di viaggio a seguito di una naturale evoluzione dei comportamenti umani o di modifiche programmate nelle politiche di gestione dei trasporti;

- ““interactive survey””: sviluppati prevalentemente per effettuare indagini in profondità ed osservare il processo decisionale degli utenti e gli aspetti dinamici della pianificazione (CHASE, Doherty & Miller 2000).

Prima di procedere nell'approfondimento del tema si ritiene opportuno approfondire il significato di alcuni termini che vengono utilizzati per introdurre tutti gli elementi nuovi di analisi che l'activity-based ha prodotto:

- *activity program (agenda)*: è una lista di attività che i membri di una famiglia necessitano o desiderano intraprendere;
- *activity scheduling (organizzazione delle attività)*: è l'organizzazione nello spazio (scelta del luogo specifico) e nel tempo (scelta del momento specifico) della lista di attività contenuta nell'agenda;
- *activity pattern o executed schedule (schema di attività)*: è la lista di attività, compreso l'ordine, la durata, la localizzazione e altre importanti caratteristiche, provenienti dall'activity program così come sono state effettivamente organizzate nell'activity scheduling;
- *activity generation*: è il processo complessivo di costruzione, da parte di un individuo, di uno schema di attività.

3.1 Le basi concettuali

Questo paragrafo non intende fornire un esaustivo resoconto dell'activity-based, ma piuttosto vuole evidenziare le origini dei concetti fondamentali del nuovo approccio a partire dalle basi teoriche che si rifanno agli studi sull'uso del tempo degli individui. Questi ultimi possono essere individuati negli studi teorici e applicativi sull'assegnazione del tempo alle attività sulla base del concetto che intraprendere delle attività è sinonimo di uso del tempo.

L'uso che l'individuo fa del tempo a sua disposizione, ad esempio quanto tempo viene assegnato a ciascun tipo di attività rispetto a un certo budget, e quando ciascun evento di attività inizia e per quanto tempo esso si protrae, è un fattore fondamentale per la descrizione dello svolgimento delle attività ed è anche un elemento critico per la comprensione del fenomeno di comportamento di viaggio. Solo esaminando i dati di uso del tempo ed indagando sull'insieme completo di attività intraprese da un individuo in un certo intervallo di tempo, sia in casa che fuori dalla propria abitazione, diverrà possibile rilevare le ragioni che determinano ciascun viaggio e in seguito costruire un modello teorico di simulazione degli spostamenti.

Gli studi sull'assegnazione del tempo alle attività nascono nel diciottesimo secolo con l'obiettivo di spiegare il comportamento sociale degli individui all'interno della realtà urbana. Secondo diversi studiosi, tra cui Ernst Engel, gli studi sul reddito e le spese della famiglia effettuati nel 1797 in Inghilterra da Sir Frederick Morton possono essere considerati i primi tentativi di ottenere informazioni circa le motivazioni per le quali un individuo decide di assegnare del tempo a determinate attività. Nel ventesimo secolo, invece, gli studiosi europei (Szalai, 1964) utilizzano direttamente il budget di tempo degli individui quale indicatore del comportamento sociale. Parallelamente negli Stati Uniti gli studi sull'uso del tempo e in particolare sul tempo dedicato agli spostamenti per lavoro (Liepmann, 1944) vengono affrontati allo scopo di spiegare più specificatamente il comportamento di viaggio degli individui. La maggior parte dei lavori sull'uso del tempo, successivi a questi, uniscono l'assegnazione del tempo con i concetti spaziali delle attività umane. Tali lavori, in genere, riportano il tempo assegnato alle diverse attività disaggregato per caratteristiche degli individui che le intraprendono o, possibilmente, per le caratteristiche della giornata. Le attività sono trattate come eventi che accadono in relazione temporale (prima, dopo o durante) con altre attività, in un momento specifico del giorno (o della settimana o dell'anno), in un luogo specifico, e possono inoltre ripetersi con una certa cadenza in un prefissato periodo.

La complessità delle problematiche affrontate ha prodotto un campo di studi che necessita ancora oggi di una teoria unificatrice, sebbene esistano chiari elementi che possono ricondurre ad una teoria generale di questa disciplina.

A partire dalla fine degli anni settanta sono stati fatti diversi progressi nell'identificazione dei concetti necessari allo sviluppo di teorie utili di assegnazione del tempo e alcuni autori che si sono cimentati in campo trasportistico in una caratterizzazione di questo approccio (Pas & Harvey, 1997; Ettema & Timmermans, 1997; Bhat & Koppelman, 1999) concordano nell'affermare che questi progressi sono stati il risultato degli studi di economisti, sociologi (pianificatori urbani e geografi) e psicologi e che gli studi teorici di assegnazione del tempo alle attività possono, di conseguenza, riferirsi a tre filoni:

1. di teorie motivazionali, che traggono origine dalla psicologia, enfatizzando il fondamentale processo motivazionale alla base dell'assegnazione di tempo alle attività (Fried et al., 1977);
2. di teorie che nascono negli studi sociologici ed in particolare in quelli di pianificazione urbana e geografici, i quali producono una più immediata percezione delle interazioni esistenti tra l'assegnazione di tempo alle attività e l'assetto urbano (Chapin, 1974; Hagerstrand, 1970);
3. di studi che hanno radici micro-economiche basati su una esplicita formulazione matematica che descrive l'assegnazione di tempo alle diverse tipologie di attività come un problema di assegnazione di risorse, in accordo con la teoria del consumatore

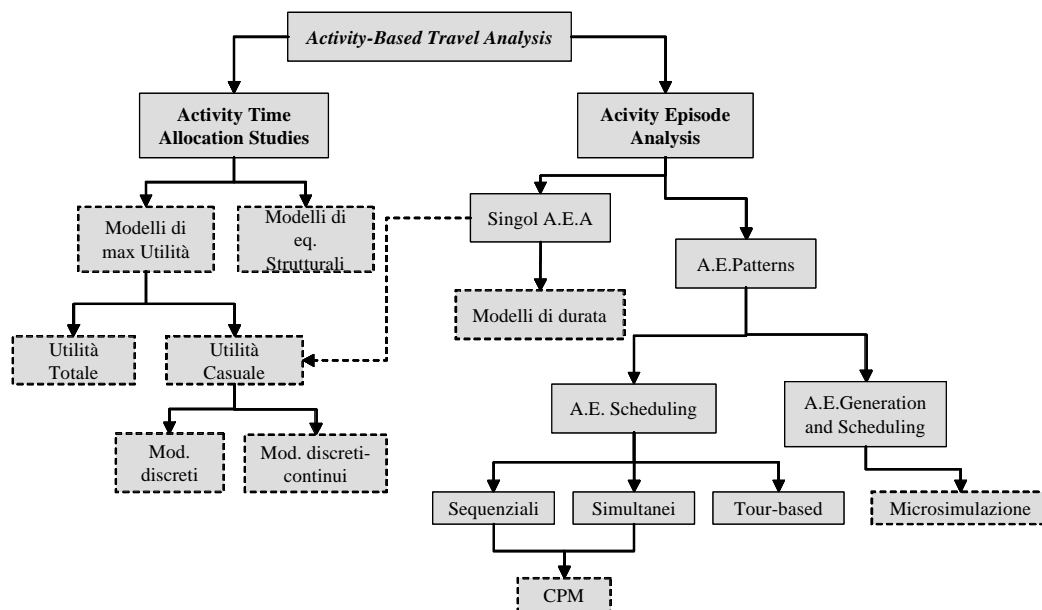
razionale in base alla quale l'individuo sceglie l'assegnazione di tempo che massimizza la propria utilità (Becker, 1965).

3.2 Gli approcci modellistici

Anche in questa parte, senza caratteri di esaustività, vengono illustrati i più importanti modelli messi a punto sia sul versante della ricerca scientifica come su quello più applicativo, per simulare la domanda di mobilità secondo l'approccio activity-based. Ovvero, viene descritto come le ipotesi delle teorie enunciate abbiano costituito le premesse e/o la base per la costruzione dei modelli matematici interpretativi di come gli individui e/o le famiglie partecipano alle attività, compresi i viaggi e come questi possono essere utilizzati per prevedere la domanda di mobilità.

Su questo campo specifico si sono cimentati diversi ricercatori dei trasporti che, usufruendo della disponibilità di potenti strumenti operativi, specie nell'elaborazione di cospicue quantità di dati, hanno sperimentato diversi e numerosi modelli che, integrando quanto riportato da diversi autori, possono essere classificati in cinque categorie. I modelli cosiddetti di utilità, che si rifanno alle teorie microeconomiche e che possono essere di utilità totale e casuale, questi ultimi di tipo discreto e discreto continuo; le equazioni strutturali e i modelli di durata che sono invece di tipo esclusivamente statistico; modelli euristico computazionali che invece hanno basi motivazionali e psicologiche, ed infine i modelli di catene di attività in cui vengono utilizzate teorie economiche e geografiche (interazioni spaziali).

Figura I Classificazione delle modellizzazioni activity-based



Queste cinque categorie possono essere collocate all'interno di uno schema interpretativo più ampio, fornito dall'osservazione del contesto di analisi della modellizzazione. Integrando quanto riportato da Ettema e Timmermans (1997), da Bhat & Misra (1999) e da Bhat e Koppelman (1999) è possibile individuare, da una parte, i modelli di assegnazione di tempo a particolari tipologie di attività (Activity Time Allocation) comunque svolte anche in diversi contesti (giornaliero, settimanale, spaziale) e dall'altra i modelli che cercano di riprodurre l'organizzazione del tempo degli individui di particolari episodi di attività (Activity Episode Analysis), intesi come successioni di schemi di attività (Figura I).

3.2.1 Activity Time Allocation Studies

In questi studi il tempo viene assegnato alle attività che rientrano all'interno di una particolare tipologia (sussistenza, mantenimento, discrezionale) e che si svolgono in un particolare giorno (della settimana e/o nel fine settimana) sulla base delle caratteristiche individuali e/o della famiglia. Questi studi generalmente ignorano il contesto in cui le attività vengono eseguite, cioè non considerano la particolare ora del giorno (o il giorno della settimana) dell'esecuzione dell'attività, la frequenza, la sequenza in cui le attività si susseguono nel dominio temporale continuo, la durata di ogni singola attività svolta, la localizzazione e la compagnia. In generale essi contribuiscono ad approfondire nel dettaglio l'assegnazione del tempo giornaliero e lo scambio associato tra le varie categorie di attività in un tipico giorno (24 ore). La modellizzazione di questi problemi si è sviluppata da un lato come una naturale estensione della teoria di massimizzazione dell'utilità della scelta modale e di destinazione alla scelta di partecipazione alle attività e dall'altro come un'applicazione delle scienze matematiche per quantificare le relazioni tra un elevato numero di variabili.

3.2.1.1 I modelli di massimizzazione dell'utilità

I modelli di massimizzazione dell'utilità si basano sulla teoria economica secondo la quale gli individui sono dei decisori razionali che tendono a massimizzare la loro soddisfazione (denominata utilità) che ottengono dalla partecipazione alle attività (in realtà l'individuo non sempre ha un comportamento razionale, ma il risultato del suo comportamento può essere descritto come razionale). Ovvero, ogni attività intrapresa dall'individuo gli fornisce un certo livello di utilità, per cui la distribuzione temporale delle attività a cui un individuo partecipa può essere descritta mediante le teorie microeconomiche di massimizzazione dell'utilità, nel senso che l'individuo decide a quali attività partecipare in modo da rendere massima la sua soddisfazione dato un certo budget disponibile (tempo e denaro). La peculiarità della teoria microeconomica alla descrizione dei programmi di attività e dei viaggi si ha nella generalizzazione dell'approccio che passa da un problema di consumo di beni ad uno di allocazione di risorse.

L'utilità che l'individuo percepisce dallo svolgimento di una attività dipende non solo dal tipo di attività, ma anche dalla sua durata, dalla sua localizzazione e dalla frequenza con cui tale attività viene intrapresa. In generale nella teoria economica vengono considerate tre principali categorie di attività: attività obbligatorie (lavoro, studio o impegni scolastici), attività di mantenimento (mansioni familiari, come acquisti o affari privati) e infine attività di svago (sociali e ricreative come sport, uscite, visite ecc.). Una importante differenziazione va fatta tra attività svolte fuori casa e attività svolte in casa. Le attività in casa non generano spostamenti, mentre le attività fuori casa producono degli spostamenti in quanto chi le intraprende deve raggiungere la località in cui svolgerle e in seguito compiere il tragitto opposto. Lo spostamento è dunque una domanda derivata dalla domanda di attività fuori casa. I modelli di massimizzazione dell'utilità possono essere suddivisi in due categorie, una riferita alla domanda di risorse (di attività) che è focalizzata sulla derivazione teorica della funzione di utilità diretta (mod. di utilità totale), ed una più propriamente applicativa che parte proprio dal punto d'arrivo di quella precedente, ossia l'utilità massimizzata (utilità indiretta), per individuare la scelta che più probabilmente verrà effettuata dall'individuo (mod. di utilità casuale).

La prima tipologia di modelli è denominata di massimizzazione dell'utilità totale perché l'utilità che viene ottimizzata è data dalla somma delle utilità (negative e positive) percepite dal consumo di tutto il budget di risorse a disposizione dell'individuo (Kraan, 1997; Jara Diaz, 1998). Questi modelli provengono da quelli di allocazione del tempo derivanti dalle teorie economiche (Becker, 1965), applicate alle problematiche dei trasporti. È infatti merito degli studiosi dei trasporti aver inserito all'interno della funzione di utilità del programma di attività ottimo, il tempo di viaggio, considerando che questo non può essere solo un vincolo, ma può dare utilità diretta e che l'utilità dell'individuo varia quando si scambia tempo di viaggio con tempo dedicato a quella attività.

I modelli della seconda categoria, denominati di massimizzazione dell'utilità casuale sono da ritenersi una naturale estensione di quelli dell'utilità totale, argomentando la non applicabilità dell'approccio classico alle analisi empiriche dell'assegnazione del tempo giornaliero, per due principali ragioni: la prima è che l'utilità di un dato tipo di attività è probabilmente variabile da giorno a giorno in quanto bisogni, desideri e necessità per l'attività variano in dipendenza di fattori microscopici-comportamentali, molti dei quali non sono osservabili; la seconda ragione è che alcune attività discrete (come molte attività svolte fuori casa) sono molto spesso non esercitate in un dato giorno, per cui l'assegnazione del tempo richiede discrezionalità. Tale caratteristica non è invece considerata nelle analisi micro-economiche che considerano il caso in cui la risorsa sia assegnata a tutti i tipi di attività, ciascuna delle quali presenta la medesima utilità marginale. L'approccio dell'utilità casuale, di contro, sviluppa strutture statistiche che riflettono la discrezionalità delle scelte individuali e soddisfano le condizioni di non negatività della risorsa continua.

I modelli di utilità casuale sono di tipo discreto e discreto continuo. Nei modelli di scelta discreta (Wen & Koppelman, 2000), viene ipotizzato che le alternative di scelta discreta (partecipare o non partecipare ad un'attività) possano essere rappresentate come funzioni degli attributi di ciascuna scelta, generalmente questa combinazione viene assunta come semplice somma algebrica delle quote relative a ciascun attributo. A causa di errori di misurazione, di cambiamenti nei gusti delle persone ecc., si assume che queste utilità consistano di un termine sistematico misurabile e di un termine aleatorio. Una volta fatte delle assunzioni che riguardano questi termini di disturbo, attraverso i modelli si può risalire alla probabilità di scelta per ciascuna alternativa. Se ad esempio si assume che i termini aleatori relativi a ciascuna alternativa siano indipendentemente ed identicamente distribuiti secondo una legge di Gumbel, si arriva alla formulazione del modello Logit multinomiale.

Alcuni ricercatori hanno argomentato che molte decisioni o scelte di tipo trasportistico comportano sia una componente discreta che (se o non partecipare ad una attività) che continua (se partecipo quanto tempo gli dedico). I modelli discreti/continui (Kitamura, 1984; Meloni et al., 2002) nascono proprio dalla necessità di simulare un fenomeno di natura discreta, in cui cioè la variabile dipendente del modello può assumere un limitato numero di valori, ed uno di tipo continuo in cui viceversa la variabile dipendente può assumere un numero infinito di valori. La scelta di partecipare o meno ad una attività, il tipo ed il numero di attività, il periodo in cui partecipare è legata alla quantità di tempo speso o spendibile nelle varie attività. Kitamura (1984) ha affrontato il problema delle scelte miste, sviluppando un modello Tobit derivato direttamente dalla teoria economica di massimizzazione dell'utilità; egli trova che la scelta di partecipare ad attività ed il tempo dedicato sono governati dallo stesso meccanismo e che sono due facce dello stesso processo decisionale.

3.2.1.2 L'approccio delle equazioni strutturali

Le applicazioni delle equazioni strutturali ai modelli di attività e in particolare ai modelli di allocazione del tempo sono abbastanza recenti. Pur rappresentando infatti degli strumenti matematici abbastanza potenti per mettere in risalto l'interrelazione tra un rilevante numero di variabili, le equazioni strutturali sono state poco applicate nella modellizzazione dei fenomeni dei trasporti.

La prima applicazione delle equazioni strutturali ai modelli di domanda di viaggio furono condotte da Golob e i suoi collaboratori (Golob & Meurs 1987) mentre quelle più specificamente attinenti alle activity-based e all'allocazione del tempo sono state svolte da Golob & McNally (1997), Lu & Pas (1999).

Fondamentalmente, in questo approccio le equazioni strutturali vengono utilizzate per connettere a livello individuale le mutue relazioni di base tra la partecipazione alle attività, i viaggi per le attività fuori casa, e una serie di variabili esogene che caratterizzano dal punto di vista socio-economico demografico e trasportistico l'individuo e/o la famiglia. In quest'ottica

essi non sono esplicitamente dei modelli, in quanto non riproducono il meccanismo comportamentale che sta alla base della partecipazione alle attività, ma tracciano le relazioni statistiche tra indicatori di attività e viaggi e una serie di variabili esplicative, per cui risultano estremamente utili per analizzare in profondità la domanda di mobilità.

3.2.2 *Activity Episode Analysis*

Questi studi enfatizzano gli episodi di attività (partecipazione ad attività singole) e associano loro un contesto spaziale, temporale, sequenziale e di compagnia della partecipazione. Possono essere organizzati in due categorie: la prima si concentra sull'analisi di un singolo episodio di attività e la modellizzazione avviene sia attraverso le funzioni di durata o "hazard models" (Bhat, 1998) per le quali la partecipazione o meno ad una data attività è funzione della quantità di tempo impiegata nell'ultima attività svolta, sia con i modelli discreto-continui visti precedentemente; la seconda esamina l'"Activity Episode Patterns", ossia le sequenze di episodi di attività generalmente attraverso un sistema di produzione di episodi computerizzato, con alla base un set di regole (euristiche, o anche più specificatamente di utilità), che cercano di riprodurre il processo di scelta dell'individuo. In particolare questi metodi descrivono come gli individui formulano ed eseguono un programma di attività (sequenze di episodi). La modellizzazione dell'organizzazione degli episodi (activity scheduling) può avvenire simultaneamente (STARCHILD, Recker et al. 1986) - sulla base dei vincoli spaziali e temporali indicati dall'individuo - oppure sequenzialmente, aggiungendo attività e locazioni alla sequenza di attività, una volta che è fissata la scelta dell'attività precedente e di quella successiva. I modelli sequenziali assumono particolare rilevanza in quanto cercano di spiegare il processo dal quale dipende la scelta finale dello schema di attività (activity pattern). attraverso strutture comportamentali. Tra questi rientrano i modelli computazionali "Computational process models" (SCHEDULER, Garling et al. 1994), i modelli "rule-based" (Vause, 1997) e i modelli che utilizzano un mix di regole di massimizzazione dell'utilità ed euristiche (AMOS, Pendyala et al. 1995).

Un terzo approccio alla modellizzazione degli activity episode scheduling, che rappresenta un mix tra i due precedenti, raggruppa gli spostamenti all'interno di un tour, che indica una successione di spostamenti che partono da un dato luogo (casa o lavoro in generale) e finiscono nello stesso. Un tour è assunto avere una primaria attività e destinazione che è la maggior motivazione del viaggio. I tour models (Ben Akiva & Bowman, 1996) hanno prodotto un miglioramento dei modelli trip-based perché hanno incorporato una esplicita rappresentazione dei vincoli spaziali e temporali tra attività, stops e tours superando il limite dei modelli trip based che consideravano tutti gli spostamenti singolarmente, slegati l'uno dall'altro.

In generale questi approcci hanno incontrato numerose difficoltà nel ricostruire tutte le fasi del processo di scelta e sono stati criticati per la complessità dei dati da reperire - come le

decisioni sono organizzate nel tempo, perché, quando e come le decisioni vengono modificate, come le attività dipendono dalle relazioni con altre persone ed in particolare con i componenti familiari.

A seguito dell'interesse delle discipline di orientamento psicologico agli studi Time Use trasportistici, nascono gli Activity Episode Generation Scheduling models, con l'obiettivo di costruire dei modelli che riproducano il fenomeno già a partire dalla generazione del programma di attività, superando il limite posseduto dai modelli di scheduling di considerare ancora il programma di attività una variabile esogena al problema (PCATS, Kitamura & Fujii, 1996). Questi ultimi vengono anche denominati sistemi di modelli di microsimulazione (Miller, 2003), che tentano di riprodurre il meccanismo decisionale che soggiace alla partecipazione alle attività e ai viaggi. In particolare questi cercano di rappresentare il processo cognitivo che accompagna l'organizzazione delle attività (activity scheduling) e la pianificazione dei viaggi (trip planning).

4. APPLICAZIONE

Il presente paragrafo intende sviluppare un'analisi del comportamento di viaggio di un campione selezionato di individui italiani, che hanno compilato dei diari di attività (Tabella II) nel corso di un'indagine ISTAT sull'uso del tempo - facente parte dell'indagine multiscopo sulle famiglie effettuata tra giugno 1988 e maggio 1989 - con riferimento a tutta la popolazione (38110 questionari consegnati) in età di tre anni e più.

Per evidenziare alcuni aspetti salienti di questo fenomeno in situazioni di forte criticità si è scelto di selezionare un gruppo omogeneo di individui, residenti in grandi centri urbani e nelle aree metropolitane circostanti, appartenenti a famiglie adulte (sono escluse le famiglie con figli minori di 16 anni), che abbiano svolto almeno un'attività fuori casa ($n = 1825$).

L'obiettivo è quello di dimostrare in termini esplicativi come i metodi activity-based risultino efficaci nell'analizzare in profondità le caratteristiche comportamentali delle decisioni di viaggio. L'analisi si concentrerà sulle particolarità degli schemi di attività delle famiglie adulte, residenti nei grandi centri urbani, rispetto a quelle delle aree metropolitane, separatamente per i giorni feriali e per quelli festivi (par. 4.1.); inoltre, si utilizzerà questo campione per presentare un'applicazione delle equazioni strutturali, con le quali si vuole evidenziare il livello di relazione tra le variabili di partecipazione alle attività (activity demand) e di partecipazione ai viaggi (travel demand) (par. 4.2.).

Tabella II Diario di attività

INDICE	HBEG	HEND	ATTIVITÀ	LUOGO	DURATA (MIN)
1	0.00	7.15	Sonno	casa	435
2	7.15	7.40	Igiene Personale	casa	25
3	7.40	8.30	Preparazione Pasti	casa	50
4	8.30	9.15	V_Auto		45
5	9.15	10.00	Riordino Casa	casa	45
6	10.00	11.00	Cura Familiare	casa	60
7	11.00	11.30	Riparazione Auto	casa	30
8	11.30	11.45	Acquisto di beni	fuori casa	15
9	11.45	12.00	Igiene Personale	casa	15
10	12.00	12.40	Pasti	casa	40
11	12.40	13.00	V_Bici		20
12	13.00	17.00	Lavoro	fuori casa	240
13	17.00	17.20	V_Bici		20
14	17.20	18.00	Igiene Personale	casa	40
15	18.00	18.30	Lettura Giornale	casa	30
16	18.30	19.15	Pasti	casa	45
17	19.15	21.00	Cura Dell'orto	casa	105
18	21.00	22.30	Televisione	casa	90
19	22.30	23.00	Igiene Personale	casa	30
20	23.00	24.00.00	Sonno	casa	60

4.1 Schemi di attività delle famiglie adulte

Per “schema di attività” (*activity-pattern*) dell’individuo si intende la distribuzione del budget totale di tempo (24 ore) tra le diverse attività giornaliere, di cui si propone la seguente aggregazione:

1. obbligatorie non lavoro (OBBL):
 - i. *cura della persona* (igiene personale, pasti principali, sonno etc.),
 - ii. *cura della casa* (preparazione e cottura dei pasti, pulizia e riordino della casa, etc.),
 - iii. *cura della famiglia* (cure materiali essenziali, cure sanitarie, assistenza scolastica, accompagnare durante le attività rivolte alla cura della persona, alla salute, alla formazione dei familiari);
2. obbligatorie lavoro-studio (LAV):
 - i. *lavoro professionale* (lavoro svolto come attività principale o secondaria, pasti sul luogo di lavoro),
 - ii. *istruzione* (frequenza nelle scuole, università, svolgimento di compiti, preparazione per esami, pasti alla mensa);
3. discrezionali (DISCR):
 - i. *condizionate* (acquisto di beni di consumo giornaliero, durevoli, di altro genere, cure non mediche della persona, utilizzazione di servizi di banche e

uffici, frequenza di corsi di aggiornamento o culturali, partecipazione religiosa, civica, politica e prestazione di aiuti),

- ii. *non condizionate* (attività sportive, passeggiate, seguire spettacoli, uso di mezzi di comunicazione, socialità e frequentazione di locali pubblici, hobbies etc.).

Il tempo assegnato da ciascun individuo ad ognuna di queste tre macro categorie è dato dalla somma del tempo assegnato alle stesse attività in casa (p.e. OBBL_Home), fuori casa (OBBL_Out of home) e agli spostamenti finalizzati al loro svolgimento (OBBL_Travel).

Le statistiche descrittive del campione preso in esame (640 residenti in centro e 1185 nelle aree metropolitane), mostrano che circa l'80% degli individui intervistati ha un'età compresa tra i 18 e i 65 anni, che il 40% sono occupati e che i pensionati e le casalinghe costituiscono insieme l'altro 43%. Il numero medio di spostamenti effettuati dal campione è di poco inferiore a 3 (su una media di circa 20 attività giornaliere) e il 50% di questi sono effettuati per motivi discrezionali. Il tempo dedicato agli spostamenti risulta di circa un'ora nei giorni feriali (37% auto, 32% a piedi), mentre nei festivi cresce di circa 5 minuti (-2 min a piedi, + 14 min in auto, -5 min con il mezzo pubblico urbano), per cui quando si ha più tempo si usa l'auto per andare più lontano e/o per fare più viaggi.

Per quanto riguarda le attività discrezionali, durante i giorni feriali viene dedicata circa mezz'ora all'acquisto di beni e servizi, un'ora alla socialità e frequentazione di locali pubblici e circa due ore e venti vengono trascorse leggendo un libro, un giornale o guardando la televisione.

L'analisi può essere ulteriormente approfondita confrontando gli schemi di attività degli individui residenti nei grandi centri urbani con quelli residenti nelle aree metropolitane (Tabella III), dalla quale risulta che i primi dedicano più tempo alle attività discrezionali, mentre i secondi spendono più tempo nelle attività obbligatorie (lavoro e non).

Tabella III Schemi di attività

	FERIALI		FESTIVI		
	Ar. METR.	Gr.CENTRI	Ar. METR.	Gr.CENTRI	Variazione
OBBL_H	14 h	13h 27'	14h 28'	13h 53'	~ + 30'
OBBL_O	18'	14'	28'	38'	~ +20'
OBBL_T	5'	3'	8'	6'	~ +3'
LAV_H	18'	24'	11'	12'	~ -10'
LAV_O	3h 24'	3h 7'	1h	53'	~ -2h 20'
LAV_T	25'	26'	7'	6'	~ -20'
DISCR_H	2h 34'	3h 21'	2h 46'	3h 22'	~+12' (area.metr.)
DISCR_O	2h 13'	2h 12'	3h 51'	3h 47'	~ +1h 40'
DISCR_T	2'	18'	30'	39'	~+21'(gr.centri)

Entrambi i gruppi, al passaggio dai giorni feriali a quelli festivi, variano i propri schemi di attività incrementando - le attività obbligatorie non lavoro - e riducendo - le attività lavorative - di pari quantità di tempo (vedi colonna “variazione”). Per quanto riguarda le attività discrezionali, invece, solo i residenti nelle aree metropolitane - durante i giorni festivi - incrementano il tempo dedicato alle attività in casa mentre, le attività fuori casa crescono sia nei centri urbani di grande dimensione che nelle aree metropolitane.

Il dato relativo agli spostamenti discrezionali richiede invece maggiore attenzione nel confronto: la media molto bassa, rilevata per il campione dell’area periferica, durante i giorni feriali, indica un elevato numero di individui che, pur svolgendo attività discrezionali fuori casa, hanno dichiarato di non svolgere spostamenti discrezionali (in grigio nella *Tabella II*). Questo fenomeno è risultato di particolare interesse, in quanto se inizialmente si è pensato ad un errore nella compilazione dei questionari, l’elevato numero di casi riscontrati ha spinto all’approfondimento della problematica.

Gli individui residenti nelle aree metropolitane che hanno dichiarato spostamenti discrezionali nulli, pur svolgendo attività discrezionali fuori casa, hanno omesso gli spostamenti di breve durata (andare a comprare il giornale, fare la spesa nel market vicino, andare a prendere un caffè etc.).

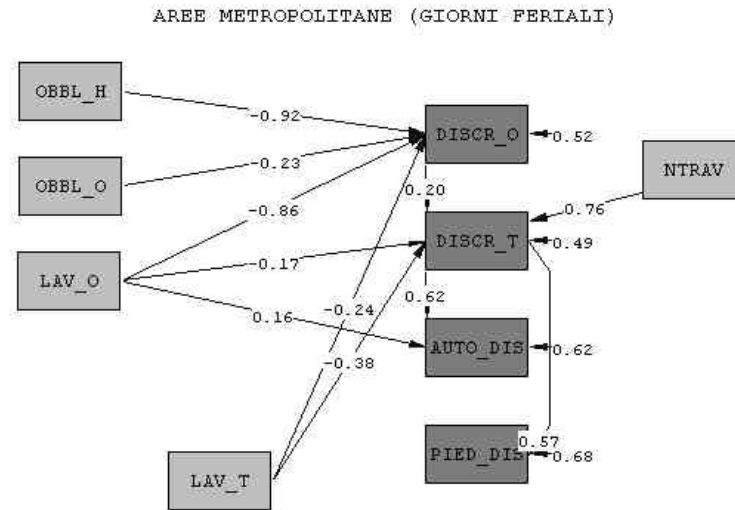
In particolare, le casalinghe e i pensionati non percepiscono gli spostamenti brevi, come spostamenti effettivi, quando sono finalizzati all’acquisto di beni e servizi; la maggior parte dei lavoratori non riporta, invece, gli spostamenti necessari a raggiungere luoghi di socializzazione (ristoranti, bar etc.) dopo essere rientrati a casa alla fine dell’orario di lavoro. Analizzando lo stesso fenomeno tra i residenti nei grandi centri urbani, risulta che gli spostamenti discrezionali non dichiarati sono più marcatamente concentrati durante l’orario di lavoro e sono per la maggior parte spostamenti per acquisti (anche per i lavoratori).

4.2 Esempio di modellizzazione activity-based: le equazioni strutturali

In questa sezione si intendono analizzare le relazioni esistenti tra i tempi dedicati alle attività obbligatorie (lavorative e non) e i tempi dedicati alle attività discrezionali, e in particolare ai viaggi discrezionali, delle famiglie adulte residenti nelle aree metropolitane. Lo strumento utilizzato è un sistema di equazioni strutturali, che come detto nel par. 3.2.1.2., rileva efficacemente le relazioni esistenti tra un numero anche elevato di variabili.

Per la stima del modello si è utilizzato il software LISREL (Bollen, 1989) e le relazioni che sono risultate altamente significative ($p > 95\%$) sono rappresentate con delle frecce nel “path diagram” di Figura III, dove i coefficienti associati ad ognuna descrivono l’effetto diretto che una variabile esercita su di un’altra.

Figura III Path diagram



Chi-Square=163.76, df=15, P-value=0.00000, RMSEA=0.174

Una tra le possibili letture del “path diagram” indica che al crescere del tempo dedicato alle attività obbligatorie non lavoro in casa (OBBL_H), come ad esempio per le casalinghe o i pensionati, diminuisce (- 0,92) il tempo che si dedica alle attività discrezionali fuori casa (DISCR_O), di conseguenza diminuisce (+0,20 indica una relazione positiva tra discr_o e discr_t, quindi se diminuisce il primo diminuisce anche il secondo) il tempo dedicato agli spostamenti discrezionali (DISCR_T), e in auto (AUTO_DIS) più che a piedi (PIEDI_DIS). Se invece si considerano per esempio i lavoratori, si vede che al crescere delle ore di lavoro fuori casa (LAV_O), anche per loro i tempi dedicati alle attività discrezionali fuori casa e a i viaggi diminuiscono, ma in percentuale inferiore a quella delle casalinghe ($0,86 < 0,92$). Questo significa che comunque gli occupati, rispetto a pensionati e casalinghe, perché obbligati a svolgere attività fuori casa, hanno più opportunità di svolgere attività discrezionali fuori casa. Inoltre, al crescere del tempo di viaggio per lavoro sono più penalizzati gli spostamenti (-0,38) che le attività fuori casa (-0,24), per cui è più probabile che le attività fuori casa vengano concatenate a quelle obbligatorie e quindi lo spostamento più lungo sia sempre quello per lavoro. Questo è confermato dal fatto che un numero elevato di spostamenti giornalieri (NTRAV) comporta una crescita dei tempi di viaggio discrezionali: cioè chi fa pochi spostamenti (tipo casa-lavoro, lavoro-casa) è più probabile che trascorra il suo tempo discrezionale a casa, chi invece si sposta più di frequente ha più occasioni per spendere il proprio tempo discrezionale fuori casa. Supponiamo che un miglioramento del sistema di trasporto produca una diminuzione dei tempi di viaggio per lavoro. Attraverso l’analisi del sistema di equazioni strutturali è possibile rilevare che, ogni 10 minuti di viaggio risparmiati, 7 e mezzo saranno reinvestiti in attività discrezionali in casa, 2 in attività discrezionali fuori casa e 30 secondi in spostamenti di cui 20 in auto. Se invece ipotizziamo una diminuzione

delle ore di lavoro fuori casa (p.e. attraverso l'introduzione del tele-lavoro) risulta che, ogni ora di lavoro in meno, aumentano di 50 minuti le attività discrezionali fuori casa e di 10 minuti gli spostamenti (6 minuti circa di spostamenti in auto). Queste elaborazioni, seppure sintetiche, mettono in risalto l'efficacia che l'analisi della domanda di mobilità attraverso l'approccio basato sulle attività consente di raggiungere ampliando lo spettro degli effetti che alcune misure di intervento possono generare in termini di domanda indotta. Un ampliamento della disponibilità di offerta stradale su un corridoi ad alta intensità di traffico può produrre risparmi di tempo reinvestiti in parte in altri spostamenti che riproducono negli stessi ambiti o in altri le condizioni che con l'intervento si intendevano superare.

Da un altro lato si può osservare come per migliorare le condizioni di mobilità si possa agire modificando stili di vita e comportamenti attraverso una diversa partecipazione alle attività sia in termini spaziali (nuove localizzazioni) e temporali (l'orario in cui le diverse attività possono essere disponibili). Questi metodi dunque ampliano notevolmente le capacità dei modelli in termini di previsione e quindi di valutazione e stima della validità dei progetti di intervento nel campo dei trasporti, consentendo di dare risposte più adeguate e precise alle attese dei decisori politici per la risoluzione di un problema così complesso come quello della mobilità.

5. Bibliografia

- Ampt E. (1981) Some recent advances in large scale travel surveys, *PTRC summer annual meeting the university of Warwick*, U.K.
- Axhausen K., Garling T. (1992) Activity-based approaches to travel analysis: conceptual frameworks, models and research problems, *Transport Reviews*, 12, 323-341.
- Becker G.S. (1965) A theory of the allocation of time, *The Economical journal*, 75, 493-517;
- Ben-Akiva M.E., Bowman J.L. (1996) Activity-based disaggregate travel demand model system with daily activity schedules, *Transportation Research*, 32B, 387-400.
- Bhat C. (1998) A model of post-home arrival activity participation behavior, *Transportation Research*, 32B, 387-400.
- Bhat C., Misra R. (1999) Discretionary activity time allocation of individuals between in-home and out-of-home and between weekdays and weekends, *Transportation*, 26, 193-209.
- Bhat C.R., Koppelman F.S. (1999) A retrospective and prospective survey of time-use research, *Transportation*, Vol.26, 119-139.
- Bollen (1989) *Structural equations with latent variables*, John Wiley & Sons, New York.
- Chapin F.S. (1974) *Human activity patterns in the city*, John Wiley & Sons, New York.
- Cherchi E., Meloni I. (2002) *Gestione della mobilità nelle aree urbane: interventi per la riduzione dell'inquinamento da traffico*, Università di Cagliari.

- Damm D. (1983) Theory and empirical results: A comparison of recent activity-based research, in Carpenter S., Jones P. (eds) *Recent advances in travel demand analysis*, Gower, Aldershot.
- De Serpa A. (1971) A theory of the economics of time, *The Economic Journal*, 75, 493-517.
- Doherty S., Miller E. (2000) A computerized household activity scheduling survey, *Transportation*, 27, 75-97.
- Ettema D.F., Timmermans H.J.P. (eds) (1997) *Activity-Based approaches to travel analysis*, Pergamon press, U.K.
- Fried M., Havens J., Thall M. (1977) Travel behavior-A synthesized theory, Prepared for national cooperative highway research program, *Transportation Research Board*.
- Garling T., Kwan M., Gollege R. (1994) Computational process modeling of household activity scheduling, *Transportation Research*, 28, 355-364.
- Golob T.F., McNally M. (1997) A model of activity participation and travel interactions between household heads, *Transportation Research*, 31B, 177-194.
- Golob T.F., Meurs H. (1987) A structural model of temporal change in multi-modal travel demand, *Transportation Research*, 21A, No.6.
- Goulias K. (eds) (2003) *Transportation Systems planning: methods and applications*, CRC Press, U.S.
- Hagerstrand T. (1970) What about people in regional science?, *Paper of the regional science association*, 23, 7-21.
- Hensher D.A., Stopher P.R. (1979) *Behavioural travel modeling*, Croom Helm, London.
- Jara-Diaz S. (1998) Time and income in travel choice: towards a microeconomic activity-based theoretical framework, in Garling T., Laitila T., Westin K. (eds) *Theoretical Foundations of Travel Choice Modeling*, Pergamon press.
- Jones P. (1979) New approaches to understanding travel behaviour: the human activity approach, in Hensher D., Stopher P. (eds) *Behavioural travel modeling*, Croom Helm, London.
- Jones P. (eds) (1990) *Developments in dynamic and activity based approaches to travel analysis*, Oxford studies in Transport, Avebury.
- Jones P., Dix M., Clarke M., Heggie I. (1983) *Understanding travel behaviour*, Gower, Aldershot.
- Kitamura R. (1984) A model of daily time allocation to discretionary out-of-home activities and trips, *Transportation Research*, 18B, 255-266.
- Kitamura R. (1988) An evaluation of activity-based travel analysis, *Transportation*, 15, 9-34.
- Kitamura R., Fujii S. (1996) Two computational process models of activity-travel behaviour in Garling T., Laitila T., Westin K. (eds) *Theoretical Foundations of Travel Choice Modeling*, Pergamon press.

- Kitamura R., Yamamoto T., Fuji S., Sampath S. (1996) A discrete continuous analysis of time allocation to two types of discretionary activities which accounts for unobserved heterogeneity, in Jean Baptiste Lesort (eds) *Transportation and Traffic Theory*, 431-453, Pergamon press.
- Kraan M. (1997) In search of limits to mobility growth with a model for allocation of time and money, in Ettema D.F., Timmermans H.J.P. (eds) *Activity-based approaches to travel analysis*, Pergamon press.
- Liepmann K. (1944) *The journey to work*, The Oxford University Press, London.
- Lu X., Pas E.I. (1999) Socio-demographics, activity participation and travel behavior, *Transportation Research*, 33A, 1-18.
- McNally M.G. (2000) The activity-based approach, in Hensher D., Button K. (eds) *Handbook of transport modeling* Vol.1, Pergamon Press.
- Meloni I., Cherchi E (1997), L'activity-based approach: un'applicazione alla generazione degli spostamenti, in Amoroso S., Crotti A. (eds) *Il trasporto pubblico nei sistemi urbani e metropolitani*, Vol.2, Franco Angeli.
- Meloni I., Guala L., Loddo A. (2002) Time allocation to discretionary in-home, out-of-home activities and to trips, *Transportation* (in corso di stampa).
- Meyer M. (1999) Demand management as an element of transportation policy: using carrots and sticks to influence travel behavior, *Transportation Research*, 33A, 575-600.
- Miller E. (2003) Microsimulation in Transportation Systems planning: methods and applications, in Goulias K. (eds) *Transportation System Planning*, CRC Press.
- Pas (1985) State of the art and research opportunities in travel demand: Another perspective, *Transportation Research*, 19A, 460-464.
- Pas E., Harvey A. (1997) Time use research and travel demand analysis and modeling, in Stopher P., Lee-Gosselin M. (eds) *Understanding Travel Behavior in an Era of Change*, Pergamon press.
- Pendyala R., Kitamura R., Lula C., Pas E., Reinke D. (1995) AMOS: A transportation planning tool that focuses on behavioural adaption and satisfaction Paper presented at the *Conference Activity Based Approaches*, Eindhoven.
- Recker W., McNally M., Root G. (1986) A model of complex travel behaviour: part 2: an operational model, *Transportation Research*, 20A, 319-330.
- Szalai A. (1972) *The use of time*, Mouton Publishers.
- Vause M. (1997) A rule-based model of activity scheduling behaviour, in Ettema D.F., Timmermans H.J.P. (eds) *Activity-Based approaches to travel analysis*, Pergamon press.
- Wen C., Koppelman F. (2000) A conceptual and methodological framework for the generation of activity-travel patterns, *Transportation*, 27, 5-23.

ABSTRACT

The evolution in information, communication and personal communication systems from the 1970's onwards has opened up a whole new range of activities for people to participate in, across a wider area.

In this context, the traditional trip-based methods of travel demand analysis and forecasting are no longer adequate for describing the complexity of mobility demand, in particular with regard to the interdependencies between trip generation, localized activities, transport mode, environmental constraints and lifestyles.

An alternative approach, also in applicative terms, is the "activity-based" approach which analyses how individuals decide to spend their time and considers the demand for travel as deriving from the need or desire to participate in activities.

This paper provides an overview of activity-based methods (underlying concepts, methodologies, results) and describes an application for evaluating how to reinvest the travel time saved through improvements to the transport network (new infrastructures)