

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

In Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

INDICE DI ACCESSIBILITA' SPAZIALE COME STRUMENTO STRATEGICO: IL CASO STUDIO TORINO



Relatore

PROF. Luigi BUZZACCHI

Firma del relatore

.....

Co-Relatore

PROF. Antonio DE MARCO

Firma del co-relatore

.....

Candidato

Marco MORO

Firma del candidato

.....

A.A. 2016-2017

SOMMARIO

INTRODUZIONE.....	3
CAPITOLO 1 Indici di accessibilità	4
Che cos'è l'accessibilità?	5
Punti di domanda e offerta.....	6
Mobilità contro accessibilità	7
classificazioni degli indici di accessibilità	7
opportunità-cumulative	11
Misure di gravità.....	13
Misure di utilità.....	15
Accessibilità e teoria dei grafi	17
Algoritmo LUPTAI	21
Comportamento spaziale sul trasporto.....	23
CAPITOLO 2 RACCOLTA DATI E METODOLOGIA	26
Assunzioni.....	26
Raccolta dati.....	27
forma funzionale.....	30
Verifica proporzionalità tempi e distanze	32
Test sulla significatività dei Raggi di osservazione.....	33
Procedura di analisi.....	34
CAPITOLO 3 RISULTATI ANALISI accessibilita'	37
Comparazione Risultati.....	37
Relazione tra accessibilità e dimensioni delle categorie merceologiche	40
Mappatura accessibilità licenze per zona statistica	42
CONCLUSIONI.....	45
BIBLIOGRAFIA	46
RINGRAZIAMENTI.....	47

Le analisi di distribuzione spaziale sono uno strumento che i pianificatori urbani possono utilizzare per incrementare la loro conoscenza sul comportamento e le abitudini degli individui. Tali indicatori possono ulteriormente essere uno strumento strategico sia per le imprese che per gli individui stessi, grazie ai quali è possibile individuare punti/aree all'interno dei centri urbani e non, che hanno potenzialità nel soddisfare una certa domanda. Ad esempio è possibile individuare quelle zone più accessibili di altre da parte dei consumatori e di conseguenza, sfruttando tale informazione, ottenere un potenziale incremento del proprio bacino di utenza. Nel primo capitolo di questo lavoro di tesi viene approfondita quella che ad oggi è la letteratura sull'analisi spaziale, nella fattispecie sull'accessibilità, i diversi modi per il calcolo dell'indicatore a seconda del livello di informazioni possedute, individuando le diverse categorie e alcune metodologie più famose applicate. Nel secondo capitolo viene illustrato il modus operandi del calcolo dell'indice di accessibilità fatto rispetto ad una determinata categoria merceologica nel territorio comunale Torinese in relazione alla struttura dei mezzi di trasporto pubblici. Verranno indicate le modalità con cui sono stati raccolti i dataset necessari per l'analisi, l'elaborazione che si è fatta sui dati, la costruzione dell'indice e alcuni test rispetto a diversi raggi di osservazione. Nel terzo capitolo infine vengono comparati i risultati ottenuti dal calcolo dell'indice, facendone variare la forma, osservando il cambiamento di tale indice a seconda del grado di informazioni utilizzato per rappresentare nel modo più accurato possibile il comportamento degli individui e i fattori attrattivi delle licenze prese in esame.

Prima di analizzare il significato e l'utilizzo degli indicatori di accessibilità è utile anzitutto definire cosa si intende per "centro urbano" e successivamente il legame che esso ha con gli indicatori di tipo geo-spaziale e nella fattispecie con l'accessibilità.

In economia urbana si definisce città come "forma di organizzazione del lavoro sociale, la quale garantisce efficienze agli scambi, interazione fra gli individui, genera innovazione in ambito economico, sociale, culturale e politico" (Glaeser[1]). La città è quindi soprattutto un insieme di individui i quali cercano di ottimizzare la propria utilità. I pianificatori devono tener ben presente quali sono gli obiettivi degli individui cercando di migliorare il welfare collettivo. Gli indicatori spaziali sono uno strumento che certamente possono aiutare i pianificatori a capire il comportamento degli individui, le interazioni fra essi e con il territorio.

Secondo Glaeser[1], i pianificatori urbani sanno che gli individui cercano di ridurre al minimo il costo legato allo spostarsi per raggiungere una determinata destinazione, di fatto il viaggio in sé oltre ad avere un costo vero e proprio (costo del carburante se si decide di spostarsi con la propria auto o costo del biglietto se si decide di spostarsi sfruttando la rete dei mezzi di trasporto pubblico) non genera nessun valore aggiunto per l'individuo, tale aspetto è dunque una delle variabili che i pianificatori non possono trascurare nella gestione del welfare. I consumatori tendono perciò a prediligere quei percorsi che minimizzano il costo del viaggio e che siano in termini di tempo il più velocemente percorribili. La tipologia di città comporta un diverso utilizzo degli indicatori spaziali, come città ad alta densità in cui il trasporto pubblico è predominante o città decentrate in cui il trasporto primario è legato ai propri mezzi di trasporto. Glaeser individua tre punti critici nelle città inerenti le analisi di distribuzione spaziale, collegati a effetti di agglomerazione o ad indici di accessibilità:

- Alta varietà di servizi e beni di consumo: nel tempo i centri urbani aventi un maggior numero di servizi quali ad esempio amenità come teatri, struttura efficiente dei trasporti, hanno migliorato la qualità della vita aumentando il welfare e la crescita urbana
- Fattori estetici del centro urbano
- Velocità: rapidità nel raggiungere un punto di interesse

A seconda della struttura di centro urbano che si va ad analizzare, i modelli di analisi spaziale assumono delle interpretazioni diverse.

Tra gli indicatori di natura geo-spaziale, l'accessibilità è sicuramente una delle variabili da prendere in considerazione sia per quanto riguarda le scelte di carattere strategico sulla localizzazione di attività nei centri urbani e non, sia per mappare quali aree sono caratterizzate da un livello alto/basso di accessibilità. Attraverso l'analisi di questi dati, è possibile realizzare una progettazione efficiente della rete dei mezzi di trasporto e/o dell'uso del territorio. L'accessibilità, è quindi, una caratteristica dei punti nello spazio. Il significato di accessibilità può essere espresso in svariati modi, questo perché la parola accessibilità si presta sin da subito ad essere interpretata attraverso concetti meramente intuitivi e qualitativi. Tali approcci portano alla luce metodologie di calcolo a volte abbastanza simili ma che potrebbero essere interpretati in modi completamente diversi. Di seguito alcune definizioni di accessibilità:

- *“misura dello sforzo necessario per superare una distanza spaziale”*
- *“una misura del sistema di trasporto dal punto di vista degli utenti di quel sistema”*
- *“separazione fisica di due punti nello spazio”*
- *“facilità di un individuo a perseguire un'attività di una certa categoria, in una posizione desiderata, in una modalità desiderata e in un momento desiderato”*

Ad oggi la definizione di accessibilità quindi è abbastanza dibattuta, ed essa tende a modificarsi a seconda dell'obiettivo dell'analisi, e dei dati che si hanno a disposizione. Secondo Koenig [2] l'elevato numero di modi nel concettualizzare il significato di accessibilità, trova risposta, nell'opposizione fra approcci di tipo empirico e approcci di tipo microeconomici (utilità associata all'accessibilità e comportamento dell'individuo). L'approccio empirico va ad operationalizzare la definizione qualitativa di accessibilità, perdendo in oggettività nella costruzione dell'indice, l'approccio microeconomico invece tende a introdurre molteplici aspetti di carattere economico rendendo più complicato la costruzione di un indice di accessibilità realizzabile a bassi costi ed efficiente.

Secondo Bach [3] invece il problema di questa disputa è da imputare alla mancata precisione nel definire le componenti sociodemografiche ed economiche che vengono prese in considerazione nella costruzione dell'indice, molti termini possono essere tra loro fortemente correlati positivamente che negativamente. Una mancata definizione oggettiva porta ad una diminuzione del grado di informazione dell'indice stesso, o addirittura distorta, con una conseguente male interpretazione sia nella pianificazione strategica che nella sua attuazione. Altro problema sono le ipotesi adottate per

individuare i comportamenti degli individui rispetto a quelli che sono i loro obiettivi lato localizzazione/necessità o lato scelte di consumo in un determinato punto nello spazio piuttosto che in un altro. La mancanza di dati, quali database relativi alle distanze e analisi di distribuzioni spaziali accurate, porta inevitabilmente a scelte e quindi ad ipotesi necessarie per la costruzione del modello oggetto di studio, a scapito di una chiara oggettività nell'uso dell'indice.

PUNTI DI DOMANDA E OFFERTA

Le analisi di distribuzione di tipo spaziale vanno a prendere in considerazione i punti di domanda e i punti di offerta nello spazio. I punti di domanda sono riconducibili ad una aggregazione di individui di una certa categoria che per soddisfare la propria utilità compiono scelte di localizzazione/, invece i punti di offerta sono quei punti nello spazio caratterizzati da una certa capacità nel soddisfare la domanda e quindi l'utilità degli individui. Tali punti attraverso software improntati su analisi spaziale (come ArcGIS o QGIS) possono essere rappresentati visivamente nell'area oggetto di analisi e facilmente geo-localizzabili. È opportuno ricordare che l'analisi viene fatta su un'area, la quale è caratterizzata da un certo numero di punti di domanda e offerta. È sbagliato dunque andare a confrontare due aree distinte (es. due città, regioni) se non si è in grado di costruire l'indice nel modo più robusto possibile.

È possibile quindi elencare gli elementi necessari che devono essere in possesso per poter iniziare uno studio di distribuzione spaziale sull'accessibilità accurato:

- database relativi ai punti di offerta e domanda nello spazio
- database sulle distanze e tempi per ogni combinazione tra i punti
- capacità che ogni singolo punto di offerta ha di soddisfare la domanda
- fattore attrattivo del punto di offerta
- studio comportamentale della tipologia degli individui presi in considerazione.

L'acceso dibattito sulla definizione di accessibilità e il suo utilizzo è ulteriormente increspato dallo stretto legame e ambiguità che essa ha con la mobilità. Per mobilità si intende la “facilità di muoversi” correlata unicamente alle relazioni tempo/distanza, l'accessibilità invece “facilità nel raggiungere una destinazione” aggiungendo oltre a queste informazioni, l'uso del territorio, informazioni di tipo socio-demografiche e l'attrattività della zona/localizzazione. Possiamo affermare che un indicatore di accessibilità è sicuramente un indicatore di mobilità ma non è vero il viceversa. Mobilità e accessibilità non sono legate necessariamente da una relazione di diretta proporzionalità. Ad esempio centri urbani improntati sul trasporto veloce con un forte decentramento dei punti di destinazione/interesse, riescono a rendere raggiungibili punti nello spazio molto distanti, ma ciò non rende quest'ultimi necessariamente più attrattivi di altri localizzati a distanze più vicine rispetto ai punti di partenza.

Accessibilità e mobilità forniscono in prima approssimazione la qualità dello stato del sistema di trasporto offrendo anche una simulazione di potenziali miglioramenti introducendo implementazioni alle modalità di viaggio, introducendone nuove, comparando le diverse modalità. Le istituzioni giocano un ruolo fondamentale, esse possono influenzare i livelli di mobilità e accessibilità aumentando il costo del trasporto e diminuendo così la diponibilità degli individui a raggiungere le destinazioni per soddisfare la propria utilità. Inoltre, una misura di accessibilità può essere utilizzata dalle singole famiglie e imprese come indice di qualità della vita quando si prendono decisioni di delocalizzazione.

CLASSIFICAZIONI DEGLI INDICI DI ACCESSIBILITÀ

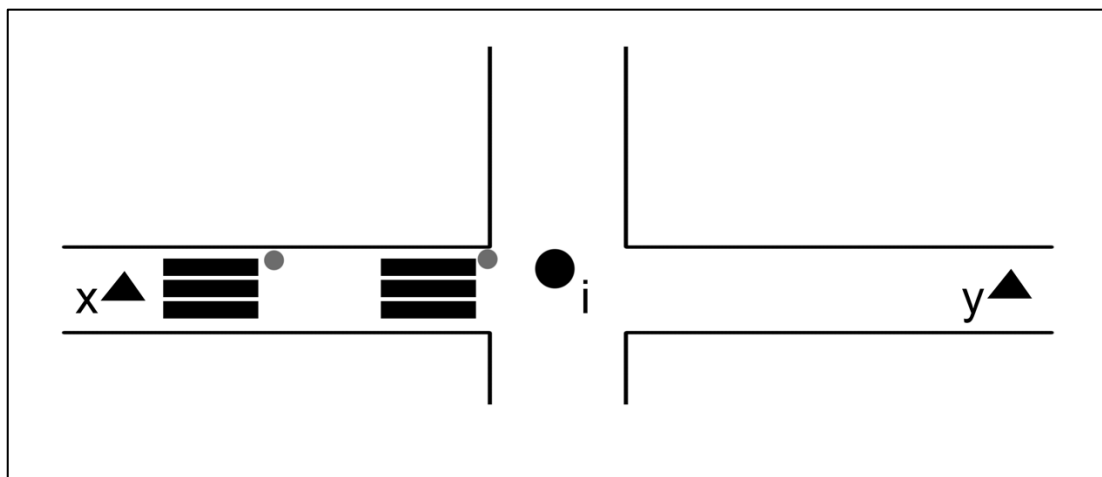
Come spiegato nei paragrafi precedenti la costruzione dell'indice di accessibilità non è univoca ma si adatta al contesto oggetto dell'analisi di studio. In questo paragrafo verranno illustrati alcune metodologie e applicazioni sull'accessibilità affrontate ad oggi in diversi studi riguardanti questa tematica.

Weibull [4] ma come anche altri ricercatori sviluppa quelli che sono gli elementi che a prescindere dai dati a disposizione devono essere comuni a tutti i casi oggetti di studio, ovvero:

- L'indice deve incrementare all'aumentare della distanze, ovvero all'aumentare dei punti di origine/destinazione, ma queste devono avere un contributo marginale decrescente all'aumentare della distanza stessa.
- Più grande è il potenziale attrattivo del punto/zona, maggiore deve essere accessibilità associata a quel punto/zona

Weibull e Morris [5] asseriscono che l'interazione spaziale fa riferimento agli atteggiamenti di quel determinato individuo, alle sue risorse personali (economiche e non) il quale attua delle scelte per massimizzare la propria utilità, analizzando gli aspetti su prezzo, qualità, tempi di attesa, distanze da percorrere e l'interazione che esiste tra i punti di attrazione, ad esempio scegliendo dove andare a praticare i suo hobby, in quale luogo vivere o quale posto di lavoro scegliere. Secondo Morris caratteristica fondamentale per rendere l'indice più robusto possibile è ottenere tutte quelle informazioni che riescono ad individuare e quindi a rappresentare il comportamento degli individui. La piena conoscenza delle abitudini nello scegliere un luogo piuttosto che un altro (potenziale attrattivo superiore) e come questa può essere influenzata porterebbe alla costruzione ideale dell'indice. Il problema però oltre al non poter reperire questa "piena informazione" è che basando uno studio osservando un solo comportamento degli individui non significa necessariamente che quel comportamento è il comportamento preferito. L'indice deve essere di facile interpretazione e la sua costruzione e ricerca dei dati rilevante deve avere un costo sostenibile.

Wilson [6] pone l'accento sulla pianificazione a monte dell'indice, ovvero cerca di capire anzitutto quali sono effettivamente i punti di partenza nello spazio e quali sono quelli di arrivo, ricercando l'esistenza o meno di variabili che ne hanno influenzato la disposizione nello spazio. Tra queste una analisi che Wilson suggerisce è determinare il livello attrattivo di ogni punto, il suo potere di mercato, la competizione che esiste tra diversi punti appartenente alla stessa categoria merceologica, il potere di acquisto dei consumatori. Alcuni studiosi come Allen [7] o lo stesso Wilson fanno presente che uno è sbagliato andare a rappresentare il comportamento utilizzando unicamente le misure di distanza, questo perché la distanza in sé non dà nessuna informazione sul livello di servizio, basti pensare alla presenza di barriere naturali e non quali ad esempio un fiume. Come evidenziato nella seguente figura i punti x e y hanno distanza eguale per raggiungere il punto i, ma per quanto riguarda il tratto x-i, questo presenta un numero maggiore di attraversamenti pedonali e semafori che inevitabilmente portano ad un aumento in termini di tempo per raggiungere il punto di destinazione i (Potenziale attrattivo minore).



Ricercatori come Bach [3] valutano anche legame che esiste fra effetti di agglomerazione e separazione con l'accessibilità. Di fatto l'influenza che questi hanno con l'accessibilità di una zona tende a fornire informazioni rilevanti agli individui tale per cui essi sono influenzati nelle scelte di posizionamento. Il livello di aggregazione a seconda di fenomeni socio demografici o fenomeni di mercato può cambiare nel tempo, la posizione del punto per cui si calcola l'accessibilità invece non varia, bisogna quindi tener ben presente anche questo aspetto durante l'analisi.

Diversi studi hanno reso tangibile l'importanza che l'accessibilità ha con le scelte dei percorsi da intraprendere e sulla pianificazione stessa dei trasporti. Essa come evidenziato precedentemente è rappresentativa del comportamento degli individui, dunque una mancata presa in considerazione dei risultati ottenibili da questa tipologia di analisi di distribuzione spaziale porterebbe ad una pianificazione della struttura dei mezzi di trasporto nei centri urbani con effetti negativi verso la propensione dell'individuo a spostarsi, preferendo unicamente quelle destinazioni anche con un potenziale attrattivo minore ma facilmente raggiungibili in poco tempo e soprattutto più vicine a scapito ovviamente della sua utilità e dell'economia stessa del centro urbano.

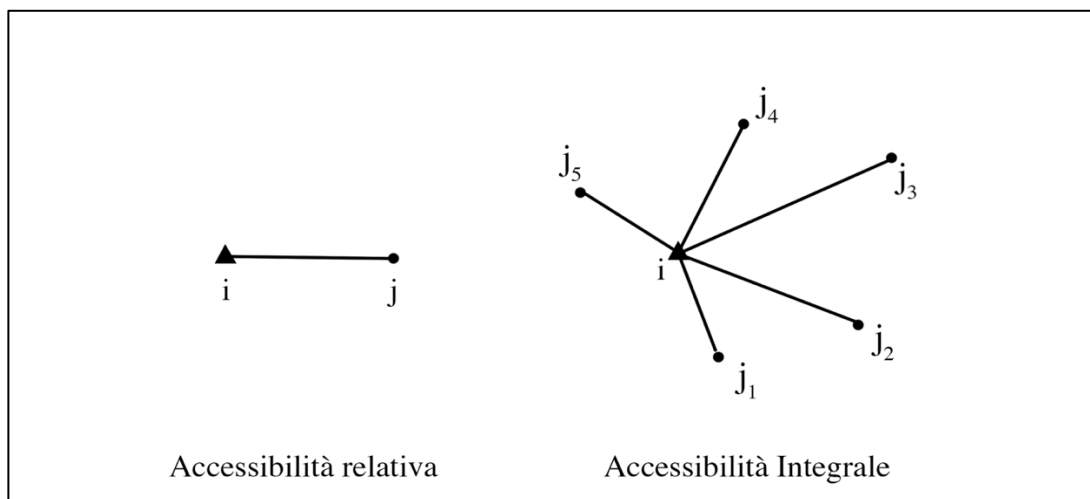
Ingram [8] attraverso i suoi studi sull'accessibilità ha classificato gli indici di accessibilità in due grandi macro famiglie: Accessibilità Relativa e Accessibilità Integrale.

Per accessibilità relativa si intende la capacità nel superare la distanza fra due punti nello spazio, mentre per accessibilità integrale lo sforzo nel superare la separazione spaziale tra un punto e altri n punti all'interno di un'area specifica. Ingram come esempio va ad ipotizzare un'area con N punti di arrivo (attività, luoghi di lavoro, attrazioni pubbliche...). L'accessibilità relativa " a_{ij} " viene calcolata dal punto i verso il punto j , ed è rappresentata solitamente come misura della distanza euclidea che unisce i punti, tempo necessario per raggiungere j e il costo che si sostiene.

L'accessibilità integrale invece è definita come:

$$A_i = \sum_{\substack{j \neq i \\ j=1}}^N a_{ij}$$

Il punto a_{ii} è eliminato dall'analisi, di fatto esso rappresenta il punto con il più alto livello di accessibilità essendo allo stesso tempi sia punto di partenza che di destinazione. Il più piccolo valore che assume A_i individua nell'area il punto più facilmente raggiungibile e con il maggior potenziale attrattivo, di conseguenza con la più alta accessibilità. Il problema secondo diversi studi è che l'uso dell'accessibilità integrale, utile certamente per comparare quelli che sono i diversi livelli di accessibilità rispetto ai punti i in una determinata area, non può essere utilizzata per comparare queste misure per punti appartenenti ad aree diverse. Ingram suggerisce di normalizzare l'indice rispetto al numero di punti presenti nell'area di studio o rispetto a caratteristiche comuni delle aree.



Per modellizzare le distanza spaziale uno delle tipologie funzionali più usate è calcolare l'accessibilità attraverso il reciproco delle distanza stessa:

$$a_i = \frac{1}{d_{ij}^k}$$

Con d_{ij} la distanza che intercorre tra il punto i e il punto j . K è un parametro da stimare, rappresentante il fattore di decadimento della distanza. Un'altra forma funzionale più comunemente usata è l'esponenziale negativo:

$$a_i = e^{-d_{ij}}$$

Questa forma sfruttando le proprietà dell'esponenziale va ad attribuire un peso di gran lunga maggiore a quei punti j più vicini al punto di partenza i rispetto all'inversa.

Secondo Koenig [2] ci sono due tipologie di applicazione per gli indicatori di accessibilità:

- opportunità(negozi, luoghi di interesse, ospedali,..) pesate attraverso una funzione di impedenza la quale è una funzione decrescente relativa al costo per sopportare il viaggio o relativo al tempo che si impiega per raggiungere la destinazione

$$A_i = \sum_j O_j f(C_{ij})$$

dove A_i è l'accessibilità del punto i verso la zona di analisi, O_j le opportunità presenti nella zona e $f(C_{ij})$ una funzione decrescente generalmente come suggerito da Ingram viene usata una esponenziale, C_{ij} il costo o il tempo necessari per raggiungere j .

- Isocronici: ovvero numero di destinazioni/opportunità raggiungibili da un punto i entro una soglia limite predeterminata, esempio fissando un costo massimo sostenibile o il tempo.

Le misure di accessibilità integrale a loro volta possono essere suddivise in altre 3 categorie:

- opportunità-cumulative
- di gravità
- di utilità

OPPORTUNITÀ-CUMULATIVE

Quando si utilizzano misure di tipo isocronico, ovvero indicando un limite in termini di tempo, costo o di distanza massima accettabile per raggiungere un punto/zona e si introducono informazioni relative al numero di attività appartenenti alla stessa categoria all'interno della zona di analisi che rispettano tale vincolo, si parla di accessibilità come misura cumulativa delle opportunità.

$$A_i = \sum_j X_j O_j(t)$$

Se ad esempio con t si indica il tempo massimo, X_j vale 0 se l'opportunità (negozi, attività, punto di interesse) O_j non rispetta il vincolo viceversa varrà 1 se rientra nei limiti. Spesso si fa variare il parametro t e si osservano i cambiamenti dell'indice. Per utilizzare queste misure è necessario essere in possesso delle ubicazioni dei punti nello spazio che rispettano il parametro t . Gli indici calcolati in questo modo sono facili da misurare ma gioca un ruolo fondamentale la scelta del parametro. In questa tipologia ogni punto di destinazione è egualmente ponderato in termini di distanza e tempo per raggiungerlo, di fatto non vi è nessuna informazione legata al viaggio all'interno dei limiti, l'unica informazione rilevante è il numero di attività che rientrano nei vincoli imposti dallo studio. Una delle critiche che viene assoggettata a tale misure oltre alla mancata informazioni sul viaggio in se, è l'assenza degli aspetti comportamentali degli individui. Tale misura è spesso utilizzata per calcolare l'accessibilità verso i centri di lavoro di zone rispetto ad altre. Negli studi i ricercatori cercano di rendere più accurato tale indice introducendo le informazioni relative al reddito, alla categoria di lavoro da raggiungere e parametri socio demografici. Wachs [9] nel suo studio su Los Angeles, va ad individuare il numero delle zone/aree di lavoro raggiungibili all'interno della contea entro un tempo limite predeterminato da qualsiasi punto all'interno della contea, usando le informazioni relative ai livelli di reddito e della tipologia di impiego. Per ogni zona così va a calcolare l'indice di accessibilità in questo modo:

$$A_i = \frac{1}{100} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{ijk} E(T)_{ijk}$$

Dove j indica la categoria di reddito, k la categoria di impiego nella zona i , P la percentuale della forza lavoro presente nella zona i per ogni classe di reddito e di tipologia di lavoro, $E(T)$ i punti all'interno della zona i che rispettano il vincolo temporale T . Con tale indice è possibile andare a stilare una classifica in funzione dell'accessibilità, permette di fare dei confronti temporali e di mappare in modo dinamico l'accessibilità facendo variare il vincolo t .

Con misure di tipo cumulative si vanno a delineare tre dimensioni, ovvero i punti raggiungibili, il costo per raggiungere l'attività e quei punti che potenzialmente possono beneficiare di tale utilità. Facendo variare queste tre caratteristiche o mantenendone costanti alcune le analisi possono rendere gli indici di più facile interpretazione.

Le misure di gravità o modelli gravitazionali dell'accessibilità sono di fatto una estensione delle misure cumulative, le quali oltre ad essere di tipo isocronico, non pesano ogni percorso per raggiungere la destinazione j allo stesso modo ma bensì introducono le funzioni di impedenza precedentemente citate per scontare il potenziale attrattivo della destinazione all'aumentare della distanza per raggiungerla, in modo da misurare in maniera più fedele possibile l'accessibilità. Tali funzioni di impedenza sono decrescenti rispetto al vincolo che si impone nello studio di analisi. Spesso si introducono dei parametri, che vanno stimati, per il decadimento della distanza/tempo dal punto di origine. La forma di accessibilità per questi modelli come illustrata da Guagliardo [10] è la seguente:

$$A_i = \sum_j \frac{S_j}{d_{ij}^p}$$

Dove A_i è l'accessibilità del punto i verso l'area di studio, S_j il fattore attrattivo del punto j come ad esempio la capacità nel rispondere alla domanda degli individui, d_{ij} è la funzione impedenza che esiste tra il punto i e il punto j ed infine p è il fattore di decadimento che altro non è un parametro che rappresenta la difficoltà nell'affrontare il viaggio. Questi indicatori vengono spesso aggregati per aree in modo da essere poi possibile andare a confrontare l'accessibilità media per regioni/città diverse. Una delle critiche a questo modello è la stima del parametro di decadimento, diversi studi infatti asseriscono che tale fattore è funzione del comportamento degli individui e della tipologia di attività/luogo che si vuole raggiungere. Ad esempio come evidenziato da Handy [11] si è più disposti a superare una distanza spaziale se il punto di destinazione ha una fondamentale importanza per l'individuo, come il luogo di lavoro rispetto ad un semplice negozio posto nello stesso punto.

I tre punti chiave che possiamo individuare nella costruzione di un modello gravitazionale dell'accessibilità sono:

- fattore attrattivo della destinazione
- scelta della funzione di impedenza
- caratteristica che individua la separazione spaziale dei punti.

Per quanto riguarda il fattore attrattivo a seconda della categoria che si intende analizzare è possibile ricercare quel valore che più è rappresentativo di tale caratteristiche, come può essere il numero di posti di lavoro in una zona, il numero di amenità, metratura dei retailer, capacità nella fornitura di

prodotti, correlazione con attività complementari. I ricercatori cercano di individuare quelle che sono le forme da tener presente per modellare la separazione spaziale. In diversi studi è utilizzata la distanza effettiva che congiunge i punti nello spazio, in altri si utilizza la distanza euclidea o geodetica come approssimazione di quella effettiva. Ovviamente si ricorre alle distanze euclidee quando non è possibile reperire le combinazioni e quindi i percorsi effettivi possibili tra i punti nell'area di studio, eliminando però tutte quelle informazioni topologiche dell'area oggetto di analisi, le quali possono portare a conclusione completamente differenti. Altri studi utilizzano come caratteristica principale non la distanza ma la velocità nel raggiungere la destinazione, come citato studio di Dupuy [12] nel paragrafo sulla teoria dei grafi. Secondo Bath bisognerebbe introdurre anche l'influenza delle policy nella costruzione dell'indice, attraverso tali accorgimenti l'indice potrebbe essere usato in modo più efficiente dai pianificatori urbani e legislatori, i quali a loro volta possono influenzare i comportamenti degli individui ad esempio spostando la scelta della modalità di viaggio. Secondo Ingram la migliore scelta per misure gravitazionali è utilizzare più che una esponenziale una normale, in cui l'accessibilità massima la si trova nel punto più vicino e decresce "dolcemente" all'aumentare della distanza e al diminuire dei fattori attrattivi. Per quanto riguarda la determinazione del fattore di decadimento sono diverse le strategie che i ricercatori hanno utilizzato, c'è chi usa approcci empirici o come Handi a seconda della tipologia di destinazione che si desidera raggiungere cerca di studiare i comportamenti degli individui attraverso dei sondaggi sottoposti ai residenti nei quartieri, o come gli studi di Humar che si focalizza nell'evidenziare un fattore di decadimento in funzione della diversa modalità di viaggio che si sceglie e le combinazioni fra questi per soddisfare in pieno la propria utilità

MODELLO GRAVITAZIONALE E CONFRONTI DINAMICI

Come accennato nel paragrafo precedente le misure di gravità hanno come caratteristica la possibilità di essere facilmente utilizzate per calcolare l'accessibilità comparando la situazione *as is* con l'introduzione di nuovi scenari, ovvero con l'aggiunta di nuove modalità di viaggio o implementazioni sul sistema corrente. È il caso dello studio fatto da Shen e Zhang [13] i quali cercano di individuare quale forma di trasporto comporta maggiori benefici sociali nella regione metropolitana di San Juan (Porto Rico). In questo studio viene valutato l'introduzione di un nuovo sistema ferroviario, e come questa influenza l'accessibilità verso i luoghi di lavoro. Punto centrale dell'analisi era capire se con questo nuovo sistema di trasporto pubblico i lavoratori con reddito più basso e di conseguenza anche le altre categorie fossero quelli che ne beneficiassero di più. La procedura di analisi valutava la possibile riduzione della congestione del traffico, la combinazione fra vecchia e modalità di viaggio per ridurre i tempi nel raggiungere la destinazione, la potenziale

riduzione dell'impatto ambientale. Tutti benefici che migliorerebbero la crescita economica, diminuirebbero l'impatto ambientale con un conseguente miglioramento del benessere collettivo.

MISURE DI UTILITÀ

Le misure di utilità basate sull'accessibilità cercano di rappresentare al meglio le scelte degli individui rispetto ai possibili percorsi per raggiungere un punto j individuando quel percorso che intaccando al minimo l'utilità di fatto la massimizza. L'utilità in questione viene trattata come variabile casuale, ed è composta da due componenti:

- utilità sistematica, che rappresenta le proprietà del possibile percorso e da quei fattori che influenzano la decisione
- componente di disturbo che va a rappresentare la casualità nella scelta

$$U_i = V_i + \varepsilon_i$$

Come spiegato da Dong [14] le componenti di disturbo vengono ipotizzate IID ovvero identicamente e indipendentemente distribuite con un certo parametro m . L'accessibilità dell'individuo è il valore atteso dell'utilità massima rispetto ad un certo insieme di scelte C può essere così rappresentata:

$$E\left(\max_{i \in C} U\right) = \frac{1}{m} \ln \sum_i e^{mV_i}$$

dove V_i , è la componente sistematica dell'utilità dell'individuo che sceglie l'alternativa i . L'individuo è in grado così di stilare una classifica fra tutte le possibili alternative per raggiungere la destinazione in funzione dell'utilità percepita. Critica a questo modello è la capacità di rappresentare le scelte dell'individuo. Come spiegato da Chorus [15], le preferenze di un viaggiatore possono variare tra il momento della scelta e il momento dell'esecuzione vera e propria dell'alternativa, le preferenze a loro volta non sono statiche ma possono cambiare nel tempo. Lo scostamento tra intenzione e attuazione della scelta può quindi essere rilevante. Stimare il parametro sulla casualità delle scelte/disturbi diventa quindi di fondamentale importanza per la costruzione di tali modelli. Studi fatti da Richardson vanno a prendere in considerazione l'influenza ricorsiva delle decisioni. Secondo Richardson [16] è possibile ideare un algoritmo ricorsivo che step-by-step tiene presente che le

decisioni sui singoli percorsi da fare sono influenzate dalle decisioni prese in precedenza e dalle decisioni che devono ancora essere prese. Di particolare importanza, è la modalità di trasporto che si sceglie o la loro combinazione che a seconda del tipo vanno ad influenzare la scelta dei percorsi. Ad ogni possibile percorso viene quindi applicato la formula dell'utilità selezionando quello con il più alto valore fino al raggiungimento della destinazione.

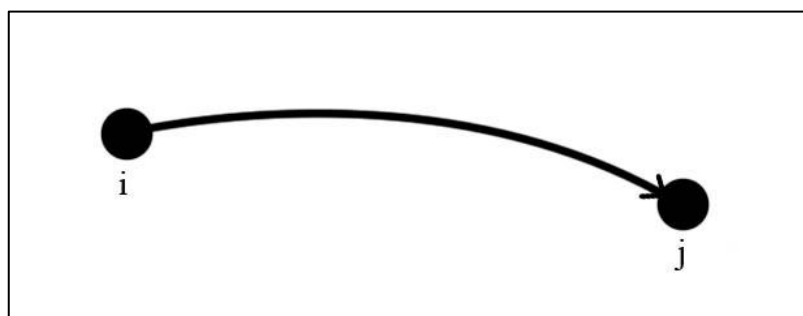
Cumulative	Hansen	$A = \sum_{n=1}^{10} \frac{R_n}{0.5n}$	R _n = numero di stabilimenti tra 0.5n km e 0.5(n -1) km dal luogo di lavoro di un individuo
	Wachs	$\frac{1}{100} \sum_j \sum_k P_{ijk} E(T)_{ijk}$	T= tempo di viaggio J= categoria reddito k= classe di lavoro P _{ijk} = proporzione della forza lavoro della zona i della categoria di reddito j e occupazione k E(T) _{ijk} = opportunità di lavoro entro T minuti dalla zona i
	Guy	$A_i = O_i(D) \left[D - \left(\sum_{j=1}^{O_i(D)} d_{ij} / O_i(D) \right) \right]$	O _i (D) = numero totale di attività disponibile entro una distanza D dall'abitazione i d _{ij} = distanza rettilinea tra l'abitazione i e attività j
Gravità	Handy	$A_i = \frac{E_j^{r,s,o}}{e^{(bt_{ij})}}$	E _j ^{r,s,o} = retail, servizi, e altri tipi di impiego nella zona i T _{ij} = tempo medio di viaggio da i a j b = fattore di decadimento del tempo
	Hansen	$A_i = \sum_{j \neq i} \frac{S_j}{T_{ij}^b}$	S _j = dimensione delle attività nella zona j T _{ij} = tempo di viaggio tra la zona i e j b = fattore di decadimento in funzione del tipo di attività
	Koenig	$A_i = \sum_j O_j \exp(-C_{ij}/x_o)$	O _j = attività nella zona j C _{ij} = costo per raggiungere j dalla zona i x _o = <i>parametro</i> di distribuzione
Utilità	Sweet	$A = \ln \sum \exp V_{ij} - \ln \sum \exp V_i$	V _{ij} = utilità in funzione del punto i e j V _i = utilità dell'alternativa
	Richardson	$A = \ln 2 + (B_j - C_j)$	B _j = benefici nel raggiungere j C _j = costi per raggiungere j

Come facilmente intuibile lo studio dell'accessibilità nello spazio trova innumerevoli similitudini e applicazioni con la teoria dei grafi. È quindi normale che molte delle applicazioni portate avanti dai ricercatori facciano riferimenti a tale teoria sfruttando i diversi approcci matematici sullo studio di nodi(punti di partenza/punti di arrivo) e gli archi che li collegano(i percorsi). È utile di conseguenza andare a definire cosa è un grafo e le applicazioni possibili sfruttando le sue proprietà.

Un grafo è una struttura relazionale composta da un numero finito di oggetti detti “nodi” (o vertici) e da un' insieme di relazioni tra coppie di oggetti detti “archi” (o lati). Dal punto di vista matematico si definisce grafo utilizzando la seguente notazione:

$$G = (V, A)$$

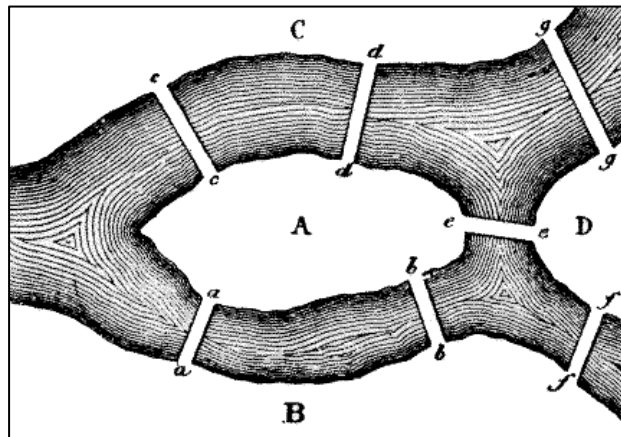
Dove V sta a indicare l'insieme di tutti i nodi e A indica l'insieme di tutti gli archi. In generale, gli archi rappresentano una relazione fra una coppia di nodi; se tale coppia è ordinata, cioè se gli archi hanno un nodo di arrivo ed un nodo di partenza, il grafo si dice orientato, dove (i, j) indica un arco diretto dal nodo i al nodo j .



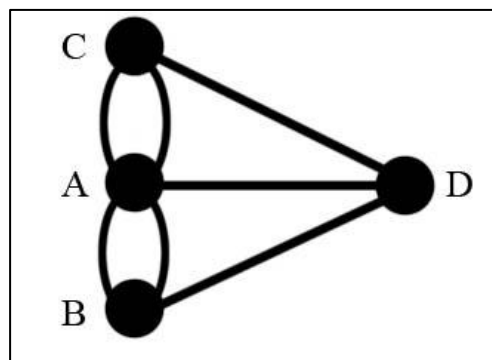
Rappresentazione di un ramo i - j orientato

La nascita della teoria dei grafi, storicamente viene fatta coincidere con la pubblicazione, nel 1736, dell'articolo di Eulero intitolato *Solutio Problematis ad Geometriam Situs Pertinentis*, in cui viene risolto il famoso Problema dei Ponti di Königsberg: *“a Königsberg, in Prussia, c'è un'isola A, chiamata Kneiphof; il fiume che la circonda è diviso in due rami, e questi rami sono attraversati da sette ponti a, b, c, d, e, f e g. i ponti della città sono disposti in modo tale che la prima isola (A) è collegata con due ponti a ciascuna delle due rive (indicate rispettivamente con C e D), mentre la seconda isola (indicata con B) è collegata con un solo ponte a ciascuna riva ed inoltre vi era un*

ponte che collegava A e B. E' possibile trovare un percorso in modo tale da percorrere ogni ponte una ed una sola volta?"



A questo problema trovò soluzione Eulero, sostituì ogni riva del fiume e ogni isola con un nodo e ogni ponte con un arco. Eulero conferisce a questa rappresentazione simbolica il nome di Grafo.



Un grafo $G(V, A)$ può essere memorizzato a livello informatico su di un calcolatore in modi diversi. La scelta del modo dipende dalle caratteristiche che si vogliono evidenziare, dal tipo di utilizzo che si intende fare, dal numero di nodi e di archi e dalla sua densità (numero di archi rispetto al numero di nodi). Le due modalità più comuni di memorizzazione utilizzate sono:

- Matrice di adiacenza
- Lista di adiacenza

La prima è consigliabile da usare nel caso di grafi molto densi (come i centri urbani), dove, rispetto alla seconda, permette una maggiore efficienza ed immediatezza dei calcoli, mentre la seconda è preferibile nel caso di grafi sparsi (cioè il numero di archi è piccolo rispetto al numero di nodi). La matrice di adiacenza come metodo di memorizzazione, si basa sull'utilizzo di una matrice quadrata $n \times n$ (con n numero dei nodi del grafo), in cui il generico elemento (i, j) sarà 1 se esiste un arco che

connette il nodo i con il nodo j e 0 negli altri casi; questo permette di memorizzare sia grafi orientati che grafi non orientati, nel caso di grafi non orientati la matrice sarà simmetrica.

Gli studi sulla teoria dei grafi e l'analisi spaziale trovano molte similitudini, non sorprende quindi che molti ricercatori abbiano attinto da tale teoria per la costruzione dei loro modelli. Bach ad esempio sfruttando la teoria dei grafi cerca di individuare quei punti attraverso l'analisi per attenuare la non oggettività nella costruzione degli indici, tali punti sono:

- punto centrale: il punto che riduce la somma delle distanze tra i punti di offerta e domanda
- punto mediano: il punto che minimizza la somma totale delle distanze rettilinee
- punto medio aritmetico: il punto che minimizza la somma totale delle distanze quadrate ponderate;
- punto radiale vincolato: il punto che può essere raggiunto dal numero massimo di individui entro una distanza massima consentita.

Essi possono poi essere rappresentati visivamente sulla zona di studio attraverso software specifici. Applicando la teoria dei grafi è anche possibile individuare il grado del nodo ovvero il numero di ramificazioni che nascono dal nodo stesso, portando così alla luce quei punti sia di partenza che di arrivo con il maggior numero di percorsi possibili e di conseguenza rispecchiando una potenziale maggiore accessibilità.

Lo studio fatto da Dupuy [12] sulla rete autostradale e le città in Europa sfrutta ampiamente le applicazioni della teoria dei grafi. Lo studio aveva come obiettivo di rappresentare e quindi rendere tangibile l'accessibilità di 190 città europee caratterizzate da numero di popolazione superiore o uguale a duecentomila individui, rispetto alla rete autostradale europea, definita come *“tutti i segmenti di autostrade e strade a doppio senso di marcia (nelle teoria dei grafi rappresentati da archi a doppia freccia) ad alta frequenza di utilizzo che possono essere considerati collegamenti continui”*.

La visione qui è macroeconomica, ovvero se prima l'oggetto di studio erano i punti all'interno delle città, nello studio di Dupuy i punti diventano le città stesse. L'obiettivo era di valutare come l'accessibilità verso le città influenzava la scelta strategica delle imprese a localizzarsi presso una città piuttosto che in un'altra in termini di competizione fra le imprese, le quali oltre ad osservare la rete stradale che collega i punti, valutano i fattori attrattivi delle città stesse come

- numero di modalità di viaggio per raggiungere la città i -esima
- velocità per raggiungere la città i -esima per ogni modalità esistente
- numero di fattori attrattivi della zona/città (reddito medio, aeroporti...)

Era possibile quindi stilare una gerarchia delle città rispetto il livello di accessibilità calcolando in numero di collegamenti che permettevano di raggiungere la città i-esima, la sua posizione geografica, pesando la presenza o meno di barriere naturali e la velocità nel raggiungerla. Assunzione fatta nello studio è stata di rappresentare come unico punto le città distanti non più di 20 km l'una dall'altra. Il modus operandi portato avanti è stato anzitutto trasformare la rete stradale in un grafo, le strade diventano così gli archi e le città i nodi del grafo. Oltre ai nodi/città vengono rappresentati anche quei punti con importanti proprietà topologiche, ovvero quelle biforcazioni o unioni di strade o autostrada che permettono di poter scegliere tra almeno tre diversi percorsi possibili per raggiungere la posizione. In questo modo si cerca di rappresentare tutte le combinazioni possibili rendendo la trasformazione in grafo una rappresentazione più accurata possibile della realtà. Ad ogni collegamento/percorso sono attribuiti diversi elementi che lo caratterizzano quali lunghezza, numero di corsie e velocità media dei percorsi. Tali informazioni vengono poi utilizzate nella costruzione dell'indice di accessibilità in termini relativi a singole tratte e nell'insieme dell'intera rete autostradale. Dupuy fa notare che l'analisi così strutturata, con diverse assunzioni, non può diventare un indice assoluto di accessibilità per individuare in maniera univoca una gerarchia fra le città ma fornisce una gerarchia relativa ai parametri che sono stati utilizzati nella costruzione dell'indice. Vengono prese in considerazione le velocità in ogni percorso L del grafo e la velocità media ideale del grafo, per individuare il grado di eterogeneità, ovvero quanto la situazione reale della rete stradale differisce dalla situazione ideale. Tale informazione è semplicemente ricavata attraverso il calcolo della varianza della velocità rispetto ad un valore medio ideale, ci si aspetta quindi che una perfettamente omogeneità (zero eterogeneità) abbia valore pari a zero.

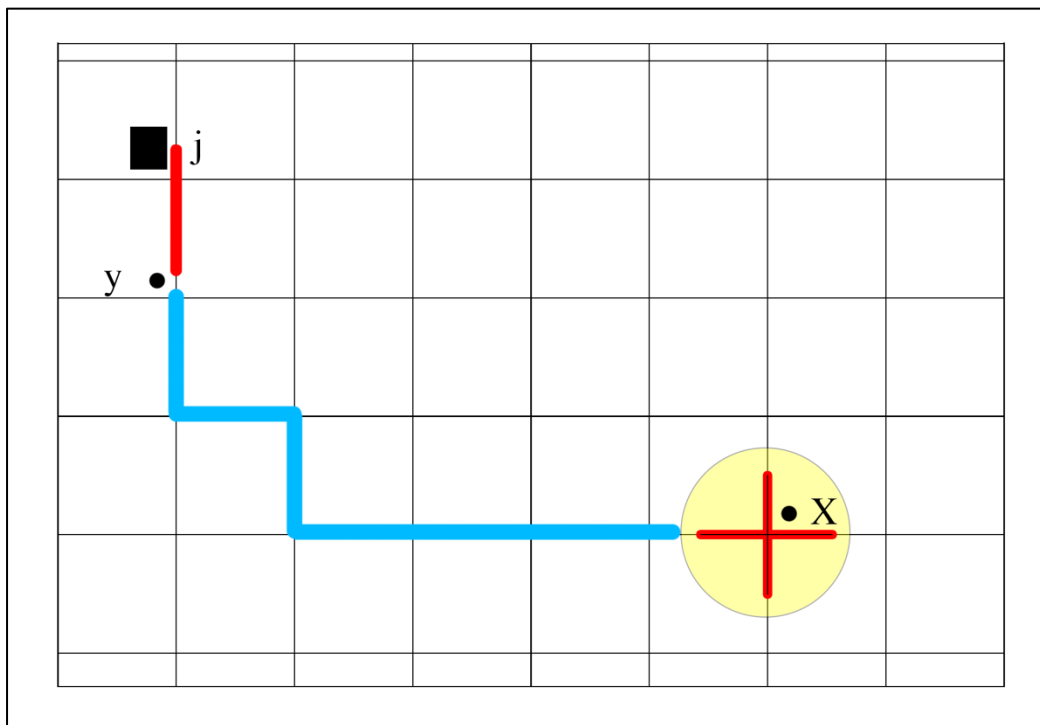
$$\frac{1}{H} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^{i=L} (v_i - V)^2$$

Con L il numero di percorsi totali nel grafo, v_i la velocità del percorso i-esimo e V la velocità media ideale.

ALGORITMO LUPTAI

Tra le diverse tecniche più elaborate per il calcolo dell'accessibilità tra tutte spicca la tecnica LUPTAI. Tale algoritmo sfrutta ampiamente il potenziale di software come GIS che consente la manipolazione di grandi quantità di informazioni spaziali, e cerca di quantificare l'accessibilità unendo le informazioni relative al trasporto pubblico e il trasporto a piedi. Tale metodologia ideata da Yigitcanlar e Sipe [17] aveva come studio di analisi la capacità degli individui ad accedere ai cosiddetti LUD (land use destination) come banche, negozi, ospedali combinando il trasporto pubblico con la rete pedonale. Tale approccio fornisce in output una mappa in gis in cui ogni area è identificata da un diverso livello di accessibilità attraverso una scala a cinque colori di tipo ordinale ovvero si è in grado di dire che un'area è superiore/inferiore ad un'altra ma non si è in grado di dire di quanto lo è. È possibile a sua volta andare a suddividere la mappa in tre layer di accessibilità ovvero layer legato alla rete pedonale, layer relativo ai mezzi di trasporto pubblici ed infine la combinazione dei percorsi degli ultimi due. Tale output è di facile interpretazione. La rete pedonale ha come percorsi oltre il raggiungimento dei punti di destinazione anche la scelta di utilizzare il trasporto pubblico, quindi saranno rappresentati in questo modo le interazioni degli individui con le fermate dei bus. In questa tecnica si introduce un buffer di "ancoraggio" degli individui. Come mostrato nella seguente immagine, dalla fermata di partenza x vi è un'area evidenziata in giallo, entro la quale l'individuo potenzialmente sceglierà il trasporto tramite bus come mezzo di viaggio, tale area è fissata in questo studio a 400m, equivalenti a 5 minuti a piedi ad una velocità media di 80 m/min. Dal punto x verrà poi eseguito il percorso verso la fermata più vicina alla destinazione i, calcolando il peso relativo dell'accessibilità in questa modalità di viaggio, successivamente dal punto y (fermata di arrivo) la componente di accessibilità sarà calcolata rispetto al layer del trasporto pedonale. Tale informazione vengono reperite attraverso dei sondaggi in cui come fatto da altri ricercatori si chiede agli individui a seconda del luogo, la loro disponibilità a raggiungerlo. L'algoritmo va a prendere in considerazione come LUD scuole, ospedali, centri commerciali, edicole e banche, ad ognuna di queste ci saranno condizioni diverse nella scelta delle modalità di viaggio. Per semplificare il modello ed il costo relativo alla raccolta dati, la tecnica LUPTAI ipotizza che ogni individuo abbia la stessa potenzialità ad accedere alla rete di trasporto pubblico, non prende in considerazione la possibilità di interscambi fra bus e tram per raggiungere la destinazione, l'accessibilità è calcolata unicamente nelle ore di picco di giornate feriali. I limiti di tale tecnica sono legati alla accuratezza dei dati e dei sondaggi. Come illustrato da Wong tale tecnica risulta efficiente nel valutare quali aree sono ad alta accessibilità e quali a livelli inferiori, LUPTAI è d'altronde una tecnica flessibile, basta introdurre nuovi layer in

GIS su altre modalità di viaggio e combinarle con le precedenti e ovviamente è possibile modificare il numero dei punti di destinazione/LUD.



Rappresentazione percorso layer LUPTAI

Per individuare e capire i comportamenti degli individui rispetto a decisioni spaziali esistono due grandi metodologie, ovvero studiarne il comportamento mentre essi si spostano da un punto di origine verso un punto di destinazione, oppure analizzare i processi di “*decision making*”. Per quanto riguarda il primo fra questi, esso è caratterizzato da due tipologie di modelli: quelli strutturali in cui vengono presi in considerazione unicamente i risultati finali dei processi decisionali, con l’obiettivo di massimizzare l’utilità derivante dalla decisione, non pesando però gli aspetti cognitivi degli individui che hanno portato a prendere quella determinata decisione, ed i modelli comportamentali in cui l’analisi di cognitività è l’elemento cardine dell’analisi. In questo modello si fanno quindi presenti le differenze fra individui, comportamenti che non sono mai ottimali, i quali portano ad una mancata piena soddisfazione delle proprie aspettative. I modelli strutturali come evidenziato da Golledge sono in realtà modelli di aggregazione degli individui, invece i modelli comportamentali sono delle rappresentazioni disaggregate delle scelte degli individui. Lo studio sull’accessibilità può solo trarre beneficio da questi modelli incrementando il suo grado di accuratezza andando a rappresentare nel modo più verosimile possibile tutti i diversi approcci che gli individui hanno nello spostarsi da un punto ad un altro. Di fatto la teoria delle utilità come precedentemente spiegato nei paragrafi sulle diverse classificazioni di indice di accessibilità tende a modellizzare l’utilità in relazione alle diverse modalità di viaggio ed in relazione alle caratteristiche del punto che si intende raggiungere. Tale utilità è funzione in primis delle caratteristiche dell’individuo, come la sua propensione al rischio, reddito, il suo livello di incertezza ed ovviamente rispetto all’attrattività della destinazione. Nello studio fatto da Golledge [18] vengono individuate tre tipi di conoscenza spaziale che influenzano le potenziali decisioni ovvero:

- conoscenza dichiarativa
- conoscenza del percorso
- conoscenza del layout

La conoscenza dichiarativa fa riferimento alle informazioni specifiche che l’individuo ha in possesso rispetto al luogo da raggiungere. La conoscenza del percorso invece fa riferimento alle informazioni relative alle caratteristiche di quel percorso che si intende intraprendere per raggiungere il punto di destinazione. In fine la conoscenza del layout fa riferimento alla diversa configurazione del layout stesso e quindi le combinazioni di potenziali percorsi. Gli individui in possesso del primo tipo di conoscenza sono in grado di raggiungere destinazioni in cui sono già stati, non sono in grado di fare

affidamento sulle proprie informazioni per raggiungerne altre, hanno quindi bisogno di utilizzare strumenti accessori come mappe o chiedere indicazioni. Invece chi è in possesso della conoscenza legata al percorso è in grado di ricordare una serie di punti nello spazio relativi al percorso tale per cui possono ottimizzare il percorso stesso, ma è una conoscenza limitata unicamente al percorso “preferito”. Gli individui invece in possesso della conoscenza di layout/configurazione hanno tutte le informazioni relative alla rete, hanno una visione dinamica dei percorsi da intraprendere e questi cambiano in funzione della congestione stradale e della possibilità passo dopo passo di riconoscere nuove scorciatoie che riducono il tempo di attraversamento, riescono dunque a sviluppare diverse combinazioni di percorsi per raggiungere qualsiasi punto nello spazio, anche fino ad allora sconosciuto, senza intaccare la propria utilità legata al viaggio stesso. Il processo di acquisizione delle informazioni e il processo decisionale spaziale, è secondo Golledge in funzione delle esperienze pregresse dell’individuo, degli aspetti sociodemografici che lo circondano, degli aspetti politici, e dall’interazione che essi hanno con altri individui. Lo studio su due quartieri di Los Angeles fatto da Mondeschein [19], delinea il concetto di mappa cognitiva rispetto all’accessibilità di quella zona ovvero viene definita come:

“un costrutto che comprende quei processi cognitivi che consentono alle persone di acquisire, archiviare, richiamare e manipolare le informazioni sulla natura del loro ambiente spaziale.”

Mondeschein quindi conferma che le scelte degli individui rispecchiano alla fine quelle che sono state le loro esperienze nel viaggiare verso quei punti che soddisfano le proprie aspettative, e soprattutto in relazione alla modalità di viaggio scelta, creando inconsciamente una gerarchia fra i percorsi in funzione dell’utilità. Le analisi sui comportamenti vanno quindi epurate da algoritmi che cercano di delineare una guida per rappresentare tali manifestazioni, ma bensì a seconda dell’area oggetto di studio deve essere elaborata una metodologia ad hoc per quell’area in cui tutti gli aspetti che la caratterizzano, sono gli elementi cardine della costruzione del modello che schematizza il comportamento degli individui che appartengono a quell’area specifica. La fase iniziale del processo decisionale consiste nell’attingere alla propria mappa cognitiva, elaborando così un potenziale percorso, in funzione di questo verrà individuata la modalità di viaggio per raggiungere la destinazione, e successivamente una stima sui tempi e i costi da sostenere, valutando eventuali modifiche al percorso se si hanno in possesso le informazioni relative alla diversa configurazione strutturale dell’area ed i possibili percorsi. Nella fase finale del processo decisionale l’individuo passa dall’intenzione all’attuazione vera e propria. Il gap che si va a creare determina un decremento dell’utilità dell’individuo. Minore è il grado di informazione e minore è la capacità di analisi di quest’ultimo rendono il gap più elevato. Le diverse modifiche del percorso durante il tragitto possono

generano dei feedback tali per cui viene confermato il percorso intrapreso o una sua modifica. Questi aspetti hanno maggior impatto nelle modalità di viaggio interamente eseguite con mezzi propri. L'utilizzo di mezzi pubblici va ad influenzare maggiormente la fase iniziale decisionale, in cui si pone più attenzione ai costi da sostenere, alle frequenze di passaggio dei mezzi, e al tempo totale per raggiungere il punto desiderato. I modelli sullo studio comportamentale diventano così molto complicati da elaborare, la loro difficoltà nel modellare il comportamento cresce esponenzialmente alle possibili combinazioni di modalità di viaggio e alle caratteristiche che questi hanno rispetto all'area di analisi. Le proprietà comportamentali hanno però una fattore "abituale" che può essere facilmente rappresentato, il quale è caratterizzato da una fase decisionale minimale, fornendo anche una possibile previsione sulle decisioni degli individui. Raccogliere questo tipo di informazioni risulta essere più facile, adoperando ad esempio dei sondaggi, questionari o interviste personali.

In questo capitolo vengono illustrati quelli che sono stati gli step necessari per portare a termine l'analisi di distribuzione spaziale sulla categoria merceologia analizzata ovvero le farmacie presenti all'interno delle circoscrizioni del comune torinese. Verranno elencati anzitutto quelle che sono state le assunzioni prese in considerazione, i database utilizzati rappresentativi dell'area oggetto di analisi, il modus operandi per ottenere le informazioni relative ai tempi e distanze, ed infine l'indice di accessibilità calcolato per le licenze con diversi gradi di informazione.

ASSUNZIONI

Per la costruzione del modello sono state fatte le seguenti assunzioni:

- Non viene preso in considerazione il tempo che il consumatore impiega per raggiungere la fermata i -esima di partenza. Si assume quindi come ubicazione del consumatore rappresentativo della zona statistica i -esima per raggiungere la licenza/farmacia L -esima, la posizione della fermata stessa.
- Il tempo impiegato che si percorre a piedi dalla fermata di arrivo alla licenza è incluso nella risposta che google maps fornisce in output, non potendo scindere questi dati, viene preso in considerazione il tempo totale per raggiungere la licenza i -esima.
- Si assume che il percorso che il consumatore sceglie per raggiungere la licenza i -esima sia il percorso che google maps identifica come il migliore possibile, dunque senza la possibilità di cambiare il tragitto in corso d'opera.
- L'analisi che vien fatta è unimodale, ovvero si prende in considerazione come modalità di viaggio unicamente la rete dei mezzi di trasporto pubblico, le rotte che sono state attribuite ai bus/tram e la localizzazione delle fermate nello spazio.

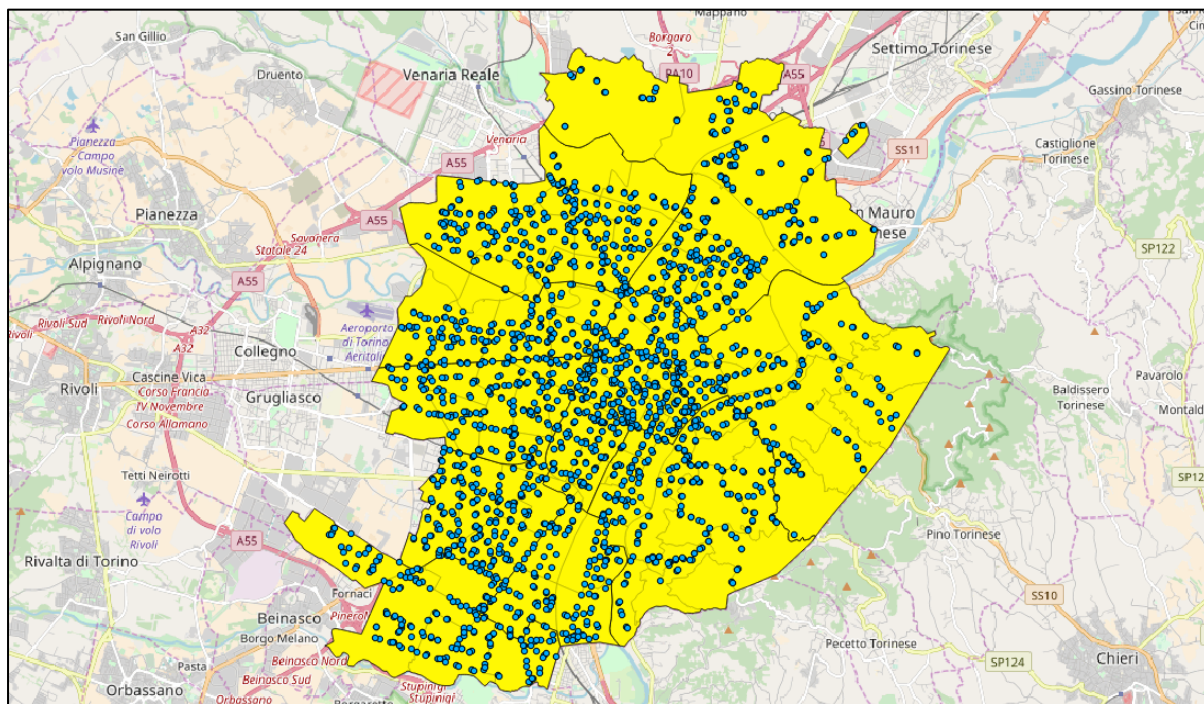
RACCOLTA DATI

La rete dei mezzi di trasporto per sua natura è costituita da fasce orarie servite da un alta frequenza di passaggio dei bus in fermata e altre a bassa frequenza. Non essendo in possesso al momento di un database che raccolga questa tipologia di dati, per potere rendere l'analisi più verosimile possibile si è dovuto andare a scegliere una fascia oraria di riferimento per il calcolo dell'indice (tale informazione sarebbe stata molto utile per incrementare l'accuratezza dell'indice stesso). Per superare questo limite si è fatto affidamento all'elenco delle frequenze di partenza dei bus dal capolinea dei bus reperibile dal sito web GTT (http://www.gtt.to.it/cms/risorse/urbana/intervalli_sito.pdf). In questo file vengono periodicamente aggiornati i tempi medi che intercorrono tra una partenza e la successiva del bus i-esimo in diversi orari della giornata dal capolinea. Si è scelto di selezionare come fascia di analisi di riferimento la fascia 11.00-13.00, la quale presenta frequenza di partenza dal capolinea superiore rispetto le altre. Quando si avrà a disposizione, un elenco delle frequenze di passaggio direttamente in fermata, questo renderà le tratte ad alta frequenza più accessibili di altre, costituendo un ulteriore tassello per il calcolo dell'indice.

La raccolta dati è la successiva elaborazione è stata possibile attraverso l'utilizzo e l'interazione di più software, ovvero:

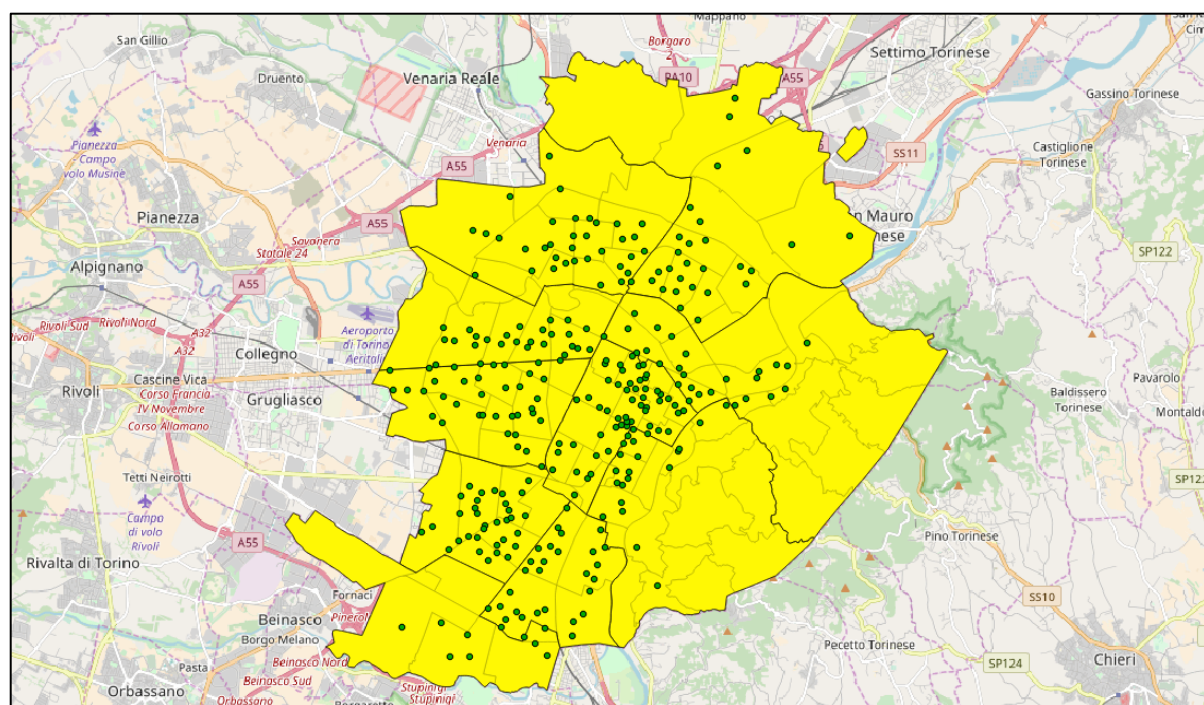
- Qgis
- Python
- R/Excel

QGIS è un programma completamente opensource per analisi di tipo spaziali. Esso permette di leggere in input file di diverso formato ad esempio csv txt o in formato excel e da questi creare dei punti geolocalizzabili o delle aree vere e proprie sulle mappe. L'utilizzo di questo software è stato di fondamentale importanza per geolocalizzare le fermate presenti all'interno delle circoscrizioni del territorio comunale torinese. Il database estratto da Qgis presenta le informazioni relative al nome/numero della fermata, latitudine e longitudine.



Database fermate

Le informazioni così ottenute sono state esportate in formato Excel per ottenere una maggiore maneggevolezza dei dati in questione. Il database relativo alle licenze è stato fornito dal comune di Torino. Questo database contiene la serie storica di licenze nel tempo ad oggi, si è scelto di selezionare unicamente le licenze attive nel 2016, avendo di fatti un database statico delle fermate relativo alle fermate attive nel 2016.



Database farmacie

Python è un linguaggio di programmazione molto simile al più famoso C, ma ha a suo vantaggio la possibilità di interfacciarsi facilmente con diverse piattaforme o altri programmi come il su citato Qgis o Excel. L'utilizzo di python è stato di fondamentale importanza anzitutto per creare le possibili combinazioni dei percorsi di ogni fermata i-esima (2298) verso ogni licenza j-esima (313), ma gioca il ruolo principale nell'interfacciarsi col server di googlemaps. Di fatti il codice scritto in python permette una volta aver scaricato le opportune librerie di reperire le informazioni sul tempo e distanza di ogni combinazione, inviando la richiesta al server composta dal punto di partenza e dal punto di arrivo. In output, alla fine del processamento, il quale ha richiesto più di una settimana utilizzando 40 account google per superare il limite di richieste possibili giornaliere (2500) per ogni account, si ottengono 719.274 file .xml che altro non sono che le risposte elaborate da Google per ogni richiesta. I file così ottenuti vengono epurati dalle informazioni non inerenti l'analisi attraverso l'utilizzo di python .

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<DistanceMatrixResponse>
  <status>OK</status>
  <origin_address>Corso Giovanni Agnelli, 29B, 10134 Torino T0,
Italy</origin_address>
  <destination_address>Via delle Orfane, 25, 10122 Torino T0, Italy</
destination_address>
  <row>
    <element>
      <status>OK</status>
      <duration>
        <value>1768</value>
        <text>29 mins</text>
      </duration>
      <distance>
        <value>5654</value>
        <text>5.7 km</text>
      </distance>
      <fare>
        <value>1.5000000</value>
        <currency>EUR</currency>
        <text>€1.50</text>
      </fare>
    </element>
  </row>
</DistanceMatrixResponse>
```

Risposta .json googlemaps

Successivamente la grande mole di informazioni ottenute viene fatta convergere all'interno di due matrici in excel, una relativa al tempo necessario per raggiungere la destinazione e una relativa alle distanze percorse, in cui sulle righe vengono memorizzate le fermate dei bus (punti di partenza) e sulle colonne le licenze (punti di arrivo).

Una volta ottenuti tutte le informazioni necessarie si è passati alla costruzione dell'indice vero e proprio. La scelta dell'indice vuole rendere tangibile quella che è la reale influenza della rete dei mezzi di trasporto sulla decisione di dove andar a intraprendere una certa attività e dove non è assolutamente conveniente farlo per la licenza analizzata, si fa presente che questo è solo una della variabili da prendere in considerazione per queste scelte strategiche, le quali devono essere affiancate da una analisi del settore e una accurata analisi sociodemografica.

Per la costruzione dell'indice si è attenuti alle note caratteristiche che un indicatore *smart* deve possedere ovvero:

- Specifico, rispetto all'obiettivo da misurare;
- Misurabile, quantitativamente e/o qualitativamente;
- Accessibile, costo sostenibile per ottenere le informazioni
- Rilevante, rispetto a ciò che si vuole analizzare;
- Tempo, cioè con una chiara indicazione sull'orizzonte temporale definito.

Tenendo ben presenti queste caratteristiche, si è anzitutto intrapreso un ragionamento sulla forma funzionale dell'indice stesso per verificarne la diversa robustezza al variare della forma e se questo rimanesse inalterato con queste variazioni, ovvero se l'informazione che si ottiene è semplicemente diversa per una variazione di scala(le accessibilità mantengono le proprietà di ordinamento) o se l'output che si ottiene rappresenta un oggetto completamente diverso.

FORMA FUNZIONALE

Dall'analisi fatta sulla letteratura, la forma funzionale più comunemente usata per far decadere le distanze o i tempi risulta essere l'uso di una esponenziale negativa. Si è scelta quindi questa forma per modellizzare l'accessibilità verso le 313 farmacie nel comune torinese. Tale indice può essere calcolato rispetto a qualsiasi raggio di osservazione, all'interno del quale ricadranno un certo numero di fermate. Le fermate quindi non all'interno del raggio di osservazione il cui centro è la farmacia L-esima che si analizza vengono eliminate dal calcolo dell'accessibilità. L'indice nella forma più generale, ovvero senza una soglia di osservazione si presenta in questa forma:

$$A_{T_L} = \sum_{i=1}^N e^{-T_i} \quad (1)$$

A_{TL} indica l'accessibilità calcolata per la licenza(farmacia) L-esima, T_i è il tempo che si impiega per raggiungere la licenza L dalla fermata i, con N il numero totale di fermate nel comune.

Tale indicatore così calcolato è molto simile ad un indicatore di mobilità, di fatto l'unica variabile che va a modellizzare il comportamento degli individui è il tempo/distanza per raggiungere la destinazione. In questa forma l'accessibilità è calcolata assegnando lo stesso peso (1) ad ogni zona statistiche nel comune torinese. Utilizzando i dati in possesso, l'indice di cui sopra viene modificato per meglio rappresentare il comportamento degli individui. Attraverso l'analisi dei dati opensource, si è riuscito ulteriormente ad associare la posizione della fermata i-esima con i dati relativi alla densità di popolazione presenti nella zona statistica ove è ubicata la fermata stessa. In questo modo l'indice aumenta il suo livello di accuratezza, assegnando un coefficiente maggiore di 1 se la popolazione residente nella zona i-esima è superiore alla popolazione media (bacino di utenza potenzialmente maggiore), ed inferiore ad 1 se invece ne è inferiore. Altre misure di attrattività individuate sono il numero dello stesso tipo di attività merceologiche presenti all'interno del raggio di osservazione, (quest'ultimo verrà affrontato nei paragrafi successivi), di fatto una maggiore presenza di attività dello stesso tipo concentrate nella stessa zona rendono più appetibile il raggiungere quella determinata zona dal punto di vista del cliente, il quale aumenta le sue possibilità di scelta, e dal punto di vista del produttore invece la presenza di un certo numero di concorrenti ha delle influenze importanti lato innovazione, produttività, adattamento ai cambiamenti di mercato più rapidi e un maggior sfruttamento del fenomeno del "betweenness". In fine l'ultimo fattore di attrattività è la dimensione in metri quadri della attività. Una maggiore dimensione dello spazio alla vendita si presume come un fattore gravitazionale più forte rispetto alle categorie caratterizzate da dimensioni più ridotte, questo aspetto viene analizzato attraverso una analisi di correlazione tra dimensione e accessibilità .

L'indice calcolato per la licenza L-esima, introducendo la densità di popolazione relativa alla zona statistica è il seguente:

$$A_{PL} = \sum_i^N [e^{-T_i} * P_{L_i}] \quad (2)$$

In cui P_{L_i} equivale alla popolazione presente nella zona statistica di appartenenza della fermata i, pesata rispetto alla popolazione media delle 91 zone statistiche

$$P_{L_i} = \frac{\text{popolazione zona } i}{\text{popolazione media}}$$

L'indice invece modificato rispetto al numero di licenze:

$$A_{NL} = \sum_i^N [e^{-T_i} * Num_{L_i}] \quad (3)$$

In cui come la popolazione, Num_{L_i} è calcolato come il numero di licenze presenti nel raggio di osservazione rispetto al numero medio di fermate rispetto a quel raggio

$$Num_{L_i} = \frac{\text{numero fermate } i}{\text{numero medio di fermate}}$$

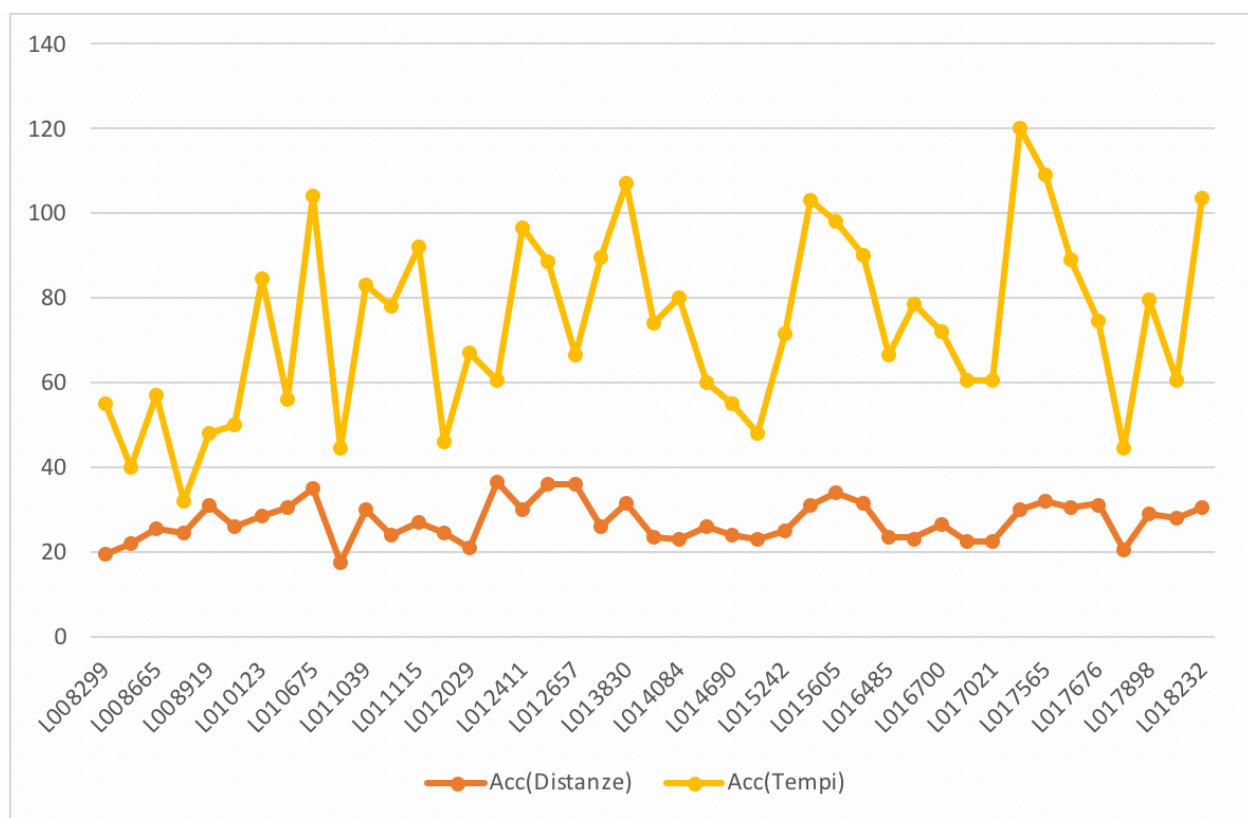
Si è scelto di pesare i contributi di popolazione relativa alla zona, numero di fermate e dimensione delle licenze rispetto ad un valore medio e non rispetto al totale in modo che i valori non siano unicamente scontati ma a seconda del loro posizionamento rispetto alla media siano incrementati o decrementati, rendendo l'indice di una più facile interpretazione. Infine si arriva alla costruzione dell'indicatore di accessibilità combinando gli effetti legati alla popolazione e del numero di categorie merceologiche.

$$A_L = \sum_i^N [e^{-T_i} * P_{L_i} * Num_{L_i}] \quad (4)$$

Tale indice cerca quindi di far convergere tutte le informazione possedute in un unico oggetto. L'indice così calcolato rientra sia nelle misure di tipo cumulativo grazie alla presa in considerazione unicamente delle fermate all'interno del parametro che vincola le informazioni, ovvero il raggio di osservazione, ma rientra anche nella classe di misurazione di tipo di gravità. Fattori attrattivi di fatto come il numero di licenze, la densità della popolazione potenziale che può raggiungere il centro di consumo o la dimensione stessa della licenza rientrano a pieno come evidenziato dall'analisi della letteratura sull'accessibilità nella classificazione di indici di tipo gravitazionale.

VERIFICA PROPORZIONALITÀ TEMPI E DISTANZE

Come spiegato nel paragrafo relativo alla raccolta dati, tramite il server di google maps si ottengono le informazioni relative alle distanze da percorrere e al tempo necessario per raggiungere le licenze. Per la costruzione dell'indice ci si è domandato quale fra tempo e spazio era il dato più pertinente da utilizzare per il calcolo dell'accessibilità rispetto alla rete del trasporto pubblico, se utilizzarli insieme creando un combinazione di indici, individuando quale fra i due era il più influente o se usare l'uno o l'altro non modificava l'oggetto rappresentato dall'indice. Per individuare l'opzione più opportuna si è proceduto calcolando l'indice di accessibilità una volta utilizzando i tempi e una volta sfruttando le distanze dei percorsi. Ottenute così le 313 osservazioni per i due indici, queste sono state plottate in un grafico per valutarne l'andamento.



Profili accessibilità tempi-distanze

Successivamente i valori ottenuti sono stati ordinati in modo crescente, ed è stato fatto un confronto sull'ordinamento delle licenze lato tempi e distanze. Appurati questi risultati, venendo meno le proprietà di ordinamento, si ritiene che i tempi non siano calcolati in modo unicamente proporzionale rispetto alle distanze, ad esempio fissando una velocità media, ma googlemaps tiene conto della diversa topologia, includendo tempi di attesa relativi a semafori, corsie preferenziali come quelle tram e altre caratteristiche che rendono l'attraversamento della tratta i -esima più o meno veloce. La scelta finale, implementata anche dai risultati ottenuti sul test sul raggio di osservazione spiegato nel paragrafo successivo, ricade, in funzione dei risultati così ottenuti, nel prendere in considerazione unicamente i dati rispetto ai tempi, questi di fatto sono una delle caratteristiche che più influenzano il comportamento e quindi le scelte dell'individuo.

TEST SULLA SIGNIFICATIVITÀ DEI RAGGI DI OSSERVAZIONE

L'indice di accessibilità calcolato rispetto alla struttura dei mezzi di trasporto come facilmente intuibile dal paragrafo sulla forma funzionale è funzione principalmente della distanza e dai tempi

che colleghino le fermate e le categorie merceologiche. Ci si è domandati quale fosse il raggio di osservazione oltre il quale il contributo delle fermate non è più significativo per il calcolo dell'indice. Questo dunque non è stato ipotizzato, ma si è stato calcolato in modo analitico. In questo modo si riesce così ad individuare tutte quelle bolle di osservazione che possono essere utilizzate per calcolare l'accessibilità in funzione di diversi raggi. Il raggio di osservazione va a discriminare il numero di fermate da considerare nell'analisi a prescindere dai parametri tempi e distanze. Tali parametri hanno un effetto marginale decrescente sull'indice all'aumentare della distanza per raggiungere la licenza i-esima e in egual modo per il tempo impiegato.. In primo luogo vengono esclusi dall'analisi quelle fermate entro un raggio di 400 m dalla licenza i-esima, questo perché si ritiene che a tale distanza come evidenziato dalla tecnica LUPTAI l'individuo vista la vicinanza decida di raggiungere la licenza a piedi e non utilizzando altri mezzi. Ovviamente questi punti vengono eliminati dall'analisi solo come punti di partenza ma non come punti di arrivo, dunque il loro effetto rimane comunque decisivo nel calcolo dell'indice, premiando quelle licenze che sono circondate a breve distanze da fermate che riducono così il tempo impiegato per raggiungerle a piedi una volta scesi dal bus.

PROCEDURA DI ANALISI

Per ogni licenza sono state create diverse bolle di osservazione di raggio 0.6km-1km-1.5km-2km-2.5km-3km. Da ogni bolla si ottengono 313 indici di accessibilità relativi ad ogni licenza. Nella seguente tabella, vista l'elevata quantità di dati viene mostrata solo un piccolo campione delle licenze analizzate e i relativi indici di accessibilità calcolati rispetto unicamente i tempi e distanze nel raggio di 1.5km.

	Acc. Tempi	Acc. Distanze	zona statistica	Densità popolazione	Numero di fermate in R
L008299	19,53447	0,055208	1	10162	41
L008518	21,98278	0,040279	1	10162	48
L008665	25,50404	0,056942	1	10162	54
L008893	24,50942	0,031831	1	10162	52
L011108	24,05848	0,077923	3	4151	49
L011115	26,8773	0,091904	3	4151	55

L011578	24,43377	0,046179	3	4151	49
L012029	21,22772	0,067259	4	3975	43
L012299	36,65709	0,0607	4	3975	74

La verifica della significatività dell'indice rispetto ai raggi di osservazione è stata portata avanti attraverso dei test statistici sia sulla media che sulla varianza. Si è fatto ricorso a un t-test sulla media e un test di fisher sulla dispersione entrambi calcolati per un intervallo di fiducia al 95%. I confronti sono stati fatti a due a due e come è possibile vedere dai dati illustrati nella tabella seguente, la quale indica i pvalue per i tempi, il raggio oltre il quale l'ipotesi alternativa H1, ovvero che le medie siano diverse viene accettata per l'indice (1), risulta essere ad una distanza di 2 km.

R1	R2	T	ESITO	F	ESITO
0.6 km	1 km	0,00000	RIFIUTO	0,00	RIFIUTO
1 km	1.5 km	0,00000	RIFIUTO	0,00	RIFIUTO
1.5 km	2 km	0,02761	RIFIUTO	0,03	RIFIUTO
2 km	2.5 km	0,65849	ACCETTO	0,74	ACCETTO
2.5 km	3 km	0,90512	ACCETTO	0,94	ACCETTO

Tabella Confronto Raggi di Osservazione

L'indice invece calcolato rispetto le distanze non mostra regioni di accettazione dell'ipotesi alternativa, questa informazione rende di conseguenza inutile andar a prendere in considerazione la distanza per il calcolo dell'indice ma unicamente i tempi impiegati per raggiungere le destinazioni. Una volta individuato tale raggio ci si è chiesti se esso restasse lo stesso anche per quanto riguarda gli indici con un grado di informazione aggiuntivo ovvero gli indici (2), (3) e (4).

Si è ripetuta quindi l'analisi di significatività rispetto a tali indici. Come mostrato nella tabella per gli indici modificati, il raggio di osservazione da 2 km si riduce a 1.5 km. Quest'ultimo è il raggio che viene scelto per continuare l'analisi di distribuzione spaziale.

R1	R2	t(2)	t(3)	t(4)	ESITO
0.6 km	1 km	1,56177E-48	0,0000	1,61346E-24	RIFIUTO
1 km	1.5 km	3,82188E-18	0,0000	1,52133E-07	RIFIUTO
1.5 km	2 km	0,05921	0,13116	0,236083	ACCETTO
2 km	2.5 km	0,68572	0,76156	0,81671149	ACCETTO

2.5 km

3 km

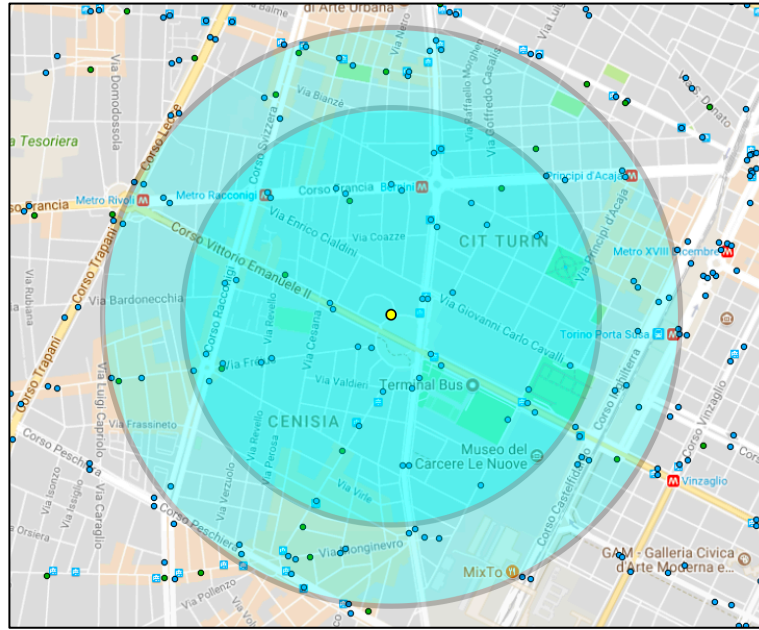
0,91982

0,93900

0,9544879

ACCETTO

Tabella Confronto Raggi per gli indici (2),(3),(4)



Es. raggi di osservazione

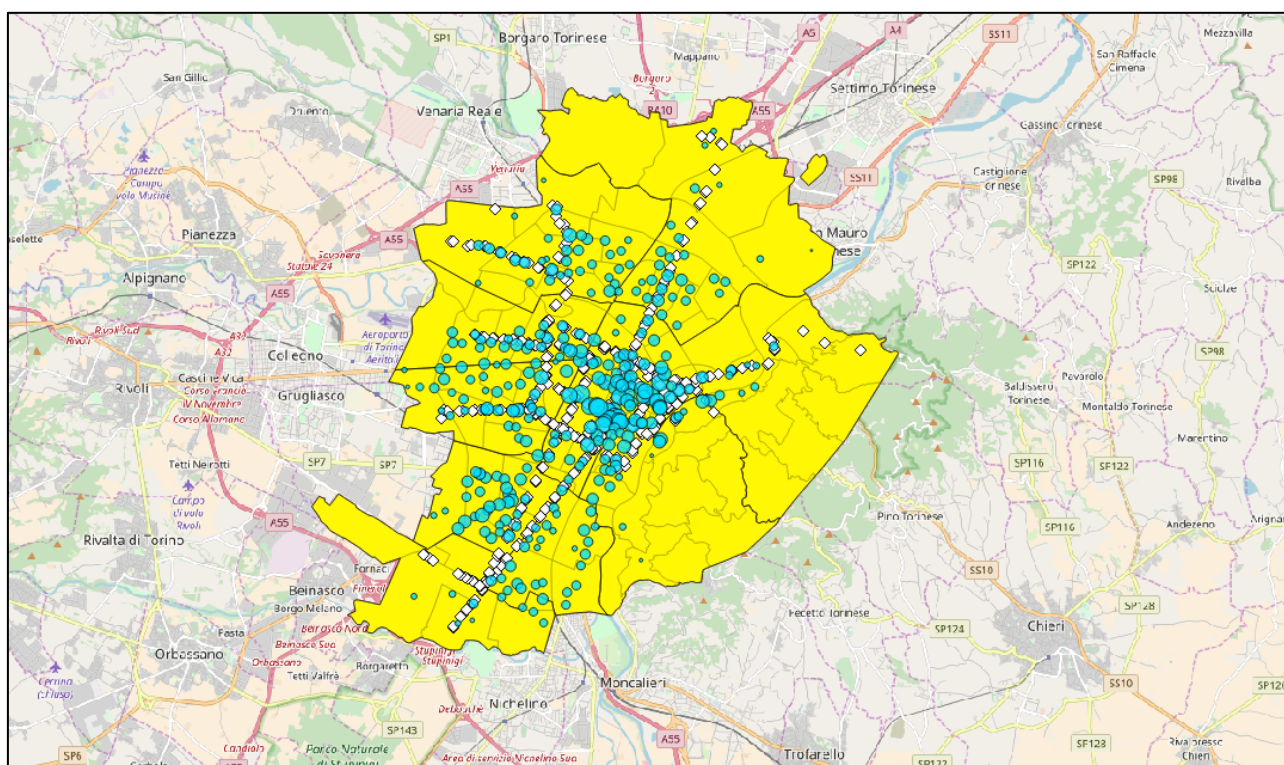
Introducendo la discriminazione rispetto ad un raggio, l'indice di accessibilità può essere riscritto in questo modo:

$$A_{TL} = \sum_{i=1}^N [B(r)_i e^{-T_i}]$$

In cui r è il raggio scelto per calcolare l'indice, $B(r)_i$ invece un vettore binario che assume valore 0 se la fermata è all'interno del raggio di osservazione, esclusa quindi dal calcolo, 1 se è all'interno del raggio.

COMPARAZIONE RISULTATI

La procedura di analisi illustrata nel secondo capitolo, porta come risultato una mappatura dei livelli di accessibilità all'interno delle circoscrizioni del comune torinese rispetto le licenze prese in esame. La prima forma funzionale dell'indice calcolato assume come rappresentazione dei comportamenti degli individui il rapporto che questi hanno con le modalità di trasporto di pubblico, i tempi, per raggiungere i punti di destinazione. Concentrazioni quindi di fermate in alcune zone determinano potenzialmente, da questo punto di vista, una maggiore accessibilità per quelle licenze nelle vicinanze di tale concentrazione. Come si può notare dalla mappa relativa alla distribuzione delle fermate, troviamo una alta concentrazione di queste nel centro urbano, dove oltre le semplici stazioni dei bus convergono le linee delle fermate dei tram e della metro. Come ci si aspettava, le licenze ubicate nelle vicinanze del centro urbano risultano essere quelle più facilmente accessibili.

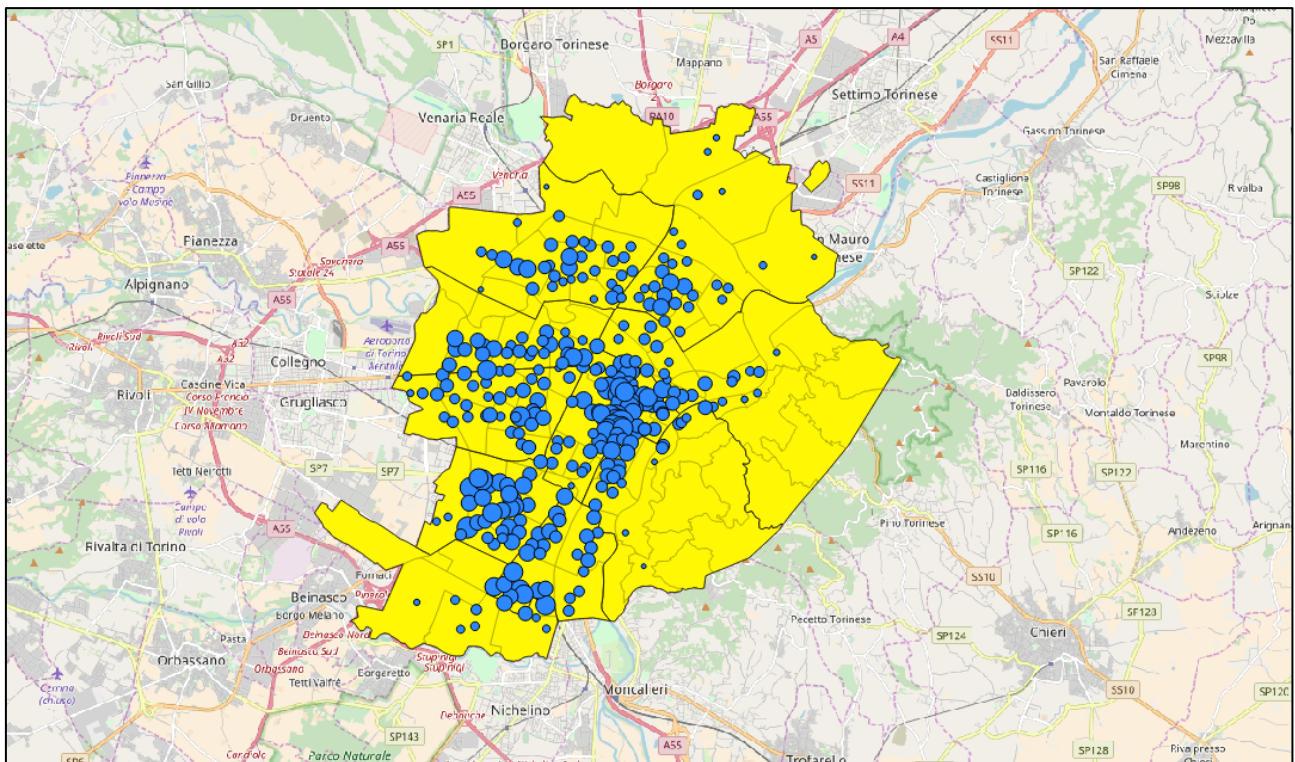


Mappa Accessibilità Tempi

Filtrando la mappa relativa alla distribuzione delle fermate ed evidenziando unicamente le linee dei tram (i punti in bianco), è possibile notare una forte concentrazione delle licenze nei pressi di tali

fermate. In relazione a questo non sorprende che le licenze caratterizzate da una più alta accessibilità, rappresentate da un raggio più grande nella mappa si localizzano nei pressi delle stazioni dei tram. Tali linee ovviamente sono caratterizzate da una frequenza maggiore di passaggio (aspetto che non è stato possibile analizzare in questo studio, per la mancanza di un database relativo a tali informazioni), da corsie preferenziali che riducono, rispetto ai tragitti dei bus, il tempo impiegato per raggiungere le licenze.

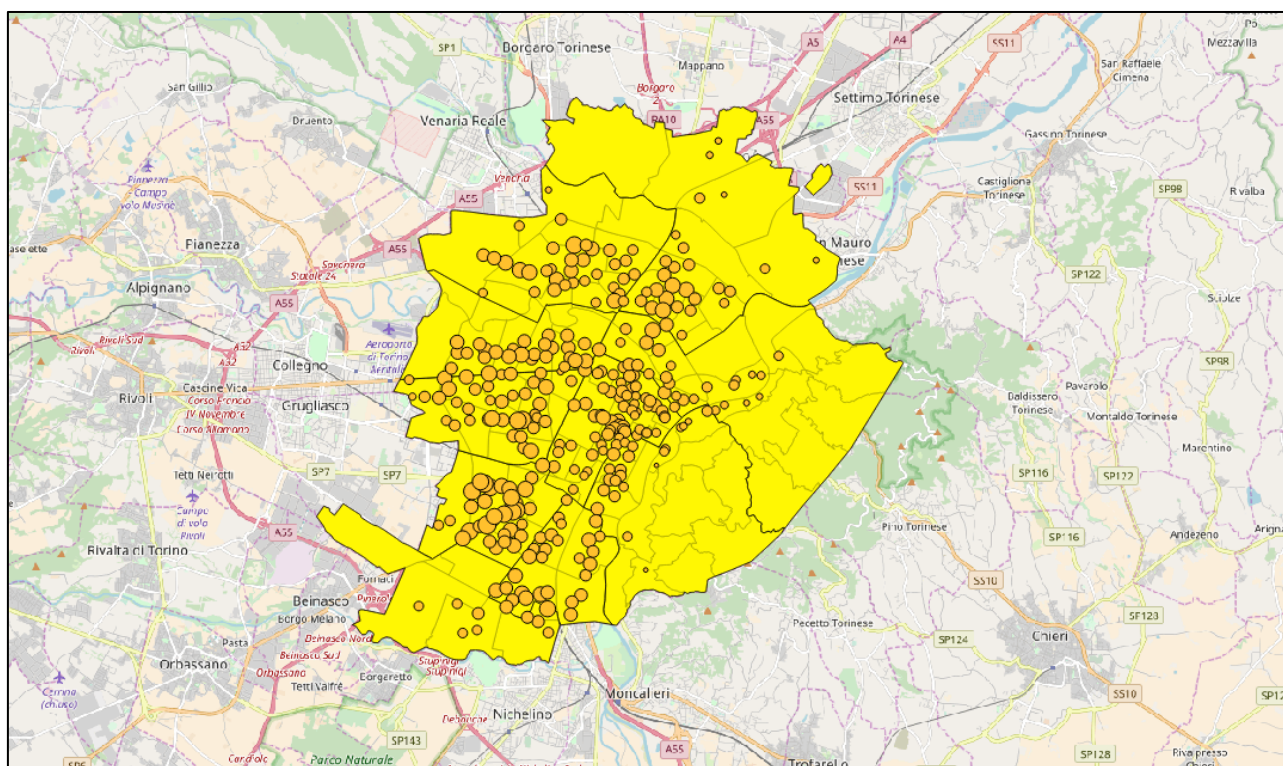
L'indice calcolato invece in relazione al numero di licenze concorrenti all'interno dei raggi di osservazione non modifica in modo evidente i valori delle licenze presenti nel centro cittadino, dove vi è una forte concentrazione, ma per quanto riguarda il peso relativo alle licenze ubicate in zone più periferiche, queste assumono ora, valori comparabili con quelle situate in pieno centro.



Mapa Accessibilità per numero di licenze in R

L'aspetto unicamente legato ai tempi come precedentemente evidenziato non può essere l'unica variabile che spiega il processo decisionale degli individui. La seguente mappa mostra i livelli di accessibilità in funzione della popolazione residente nelle zone statistiche in cui sono localizzate le 2298 fermate. Adesso il peso dei tempi viene incrementato o decrementato in funzione della popolazione relativa residente nelle zone statistiche. Dal punto di vista delle licenze quindi, essere ubicate in luoghi circondati da zone in cui la densità della popolazione è superiore alla media garantirebbe una clientela superiore e di conseguenza più accessibilità verso la stessa. Come possibile

notare dalla mappa ora le licenze con alta accessibilità non sono più altamente concentrate nel centro, riducendo drasticamente il valore dell'accessibilità urbano ma assumono valori superiori nelle zone periferiche.



Mappa Accessibilità per densità di popolazione

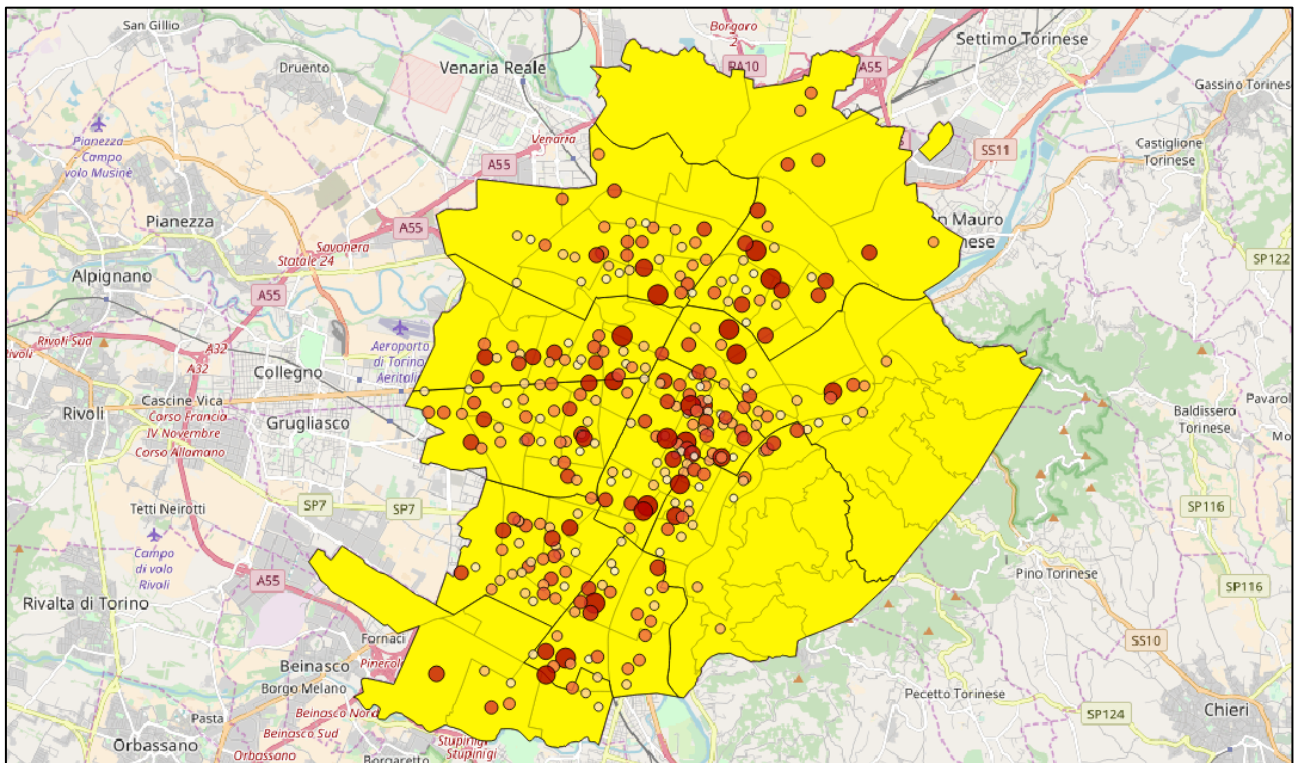
Infine si arriva a far convergere tutte le caratteristiche utilizzate precedentemente per rendere l'analisi di distribuzione spaziale più accurata.

La mappatura dell'indice è mostrata nella seguente mappa, in cui gli effetti di tempo, popolazione relativa residente nelle zone statistiche e numero di licenze nel raggio di osservazione, individuano 3 zone come posizioni potenzialmente ottimali per massimizzare l'accessibilità verso la licenza:

- Santa Rita – Mirafiori Nord
- Porta Nuova
- Regio Parco - Falchera

L'analisi quindi suggerirebbe che scegliere di aprire una farmacia nelle 3 zone sopra citate genererebbe potenzialmente dei ritorni superiori rispetto ad aprire la stessa in altre aree. L'algoritmo di analisi di distribuzione di analisi spaziale sull'accessibilità vuole essere uno degli strumenti strategici che gli individui/imprese/pianificatori possono utilizzare per incrementare il loro grado di informazione per soddisfare le proprie/aspettative o benessere collettivo, avendo a disposizione i





Mappa dimensioni farmacie

Tale mappa non rende evidenti concentrazioni di punti di grandi dimensioni in determinate zone, la distribuzione sembrerebbe di conseguenza epurata da effetti di agglomerazione in relazione alla dimensione. Confrontando la dimensione con l'accessibilità calcolata nel paragrafo precedente era ipotizzabile pensare ad una forte concentrazione di farmacie di grandi dimensioni nel centro cittadino e nella zona di Mirafiori Nord. La mappa però non rende evidente l'effettiva correlazione fra dimensione della farmacie e indice di accessibilità, le quali evidenziate da un raggio più grande ed un colore più intenso nella mappa, sembrerebbero ubicate casualmente sul territorio. Come ulteriore conferma si è analizzata la correlazione fra accessibilità e dimensioni della farmacia attraverso una regressione lineare del tipo $Y = a + bX + \varepsilon$. Si è scelto come variabile indipendente l'accessibilità e come variabile dipendente la dimensione. Tale analisi è stata implementata attraverso il software statistico R. I risultati ottenuti sono i seguenti:

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-79.15	-49.77	-19.03	25.98	429.28
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	100.659	9.638	10.44	<2e-16 ***
accessibilità	-19.613	139.620	-0.14	0.888

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 70.14 on 311 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 6.345e-05, Adjusted R-squared: -0.003152				
F-statistic: 0.01973 on 1 and 311 DF, p-value: 0.8884				

Il valor stimato del parametro intercetta risulta essere significativo, la stima del coefficiente angolare risulta invece non essere significativa. Il valore R^2 ed adjusted- R^2 sono prossimi a 0, esprimendo così una scarsa bontà del modello. Tali risultati non possono quindi spiegare una chiara correlazione fra dimensione e accessibilità, di conseguenza questa non viene presa in considerazione per aumentare il grado di accuratezza dell'indice stesso.

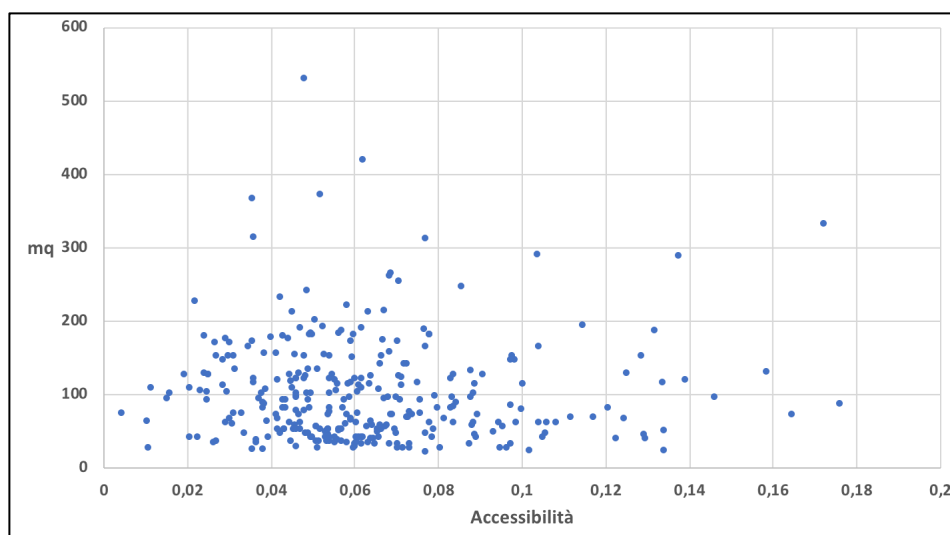
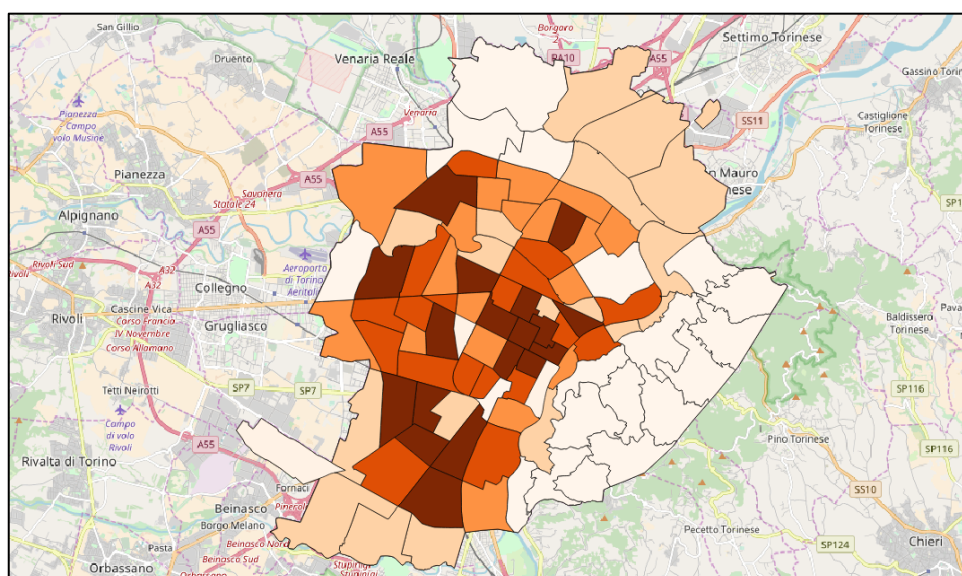


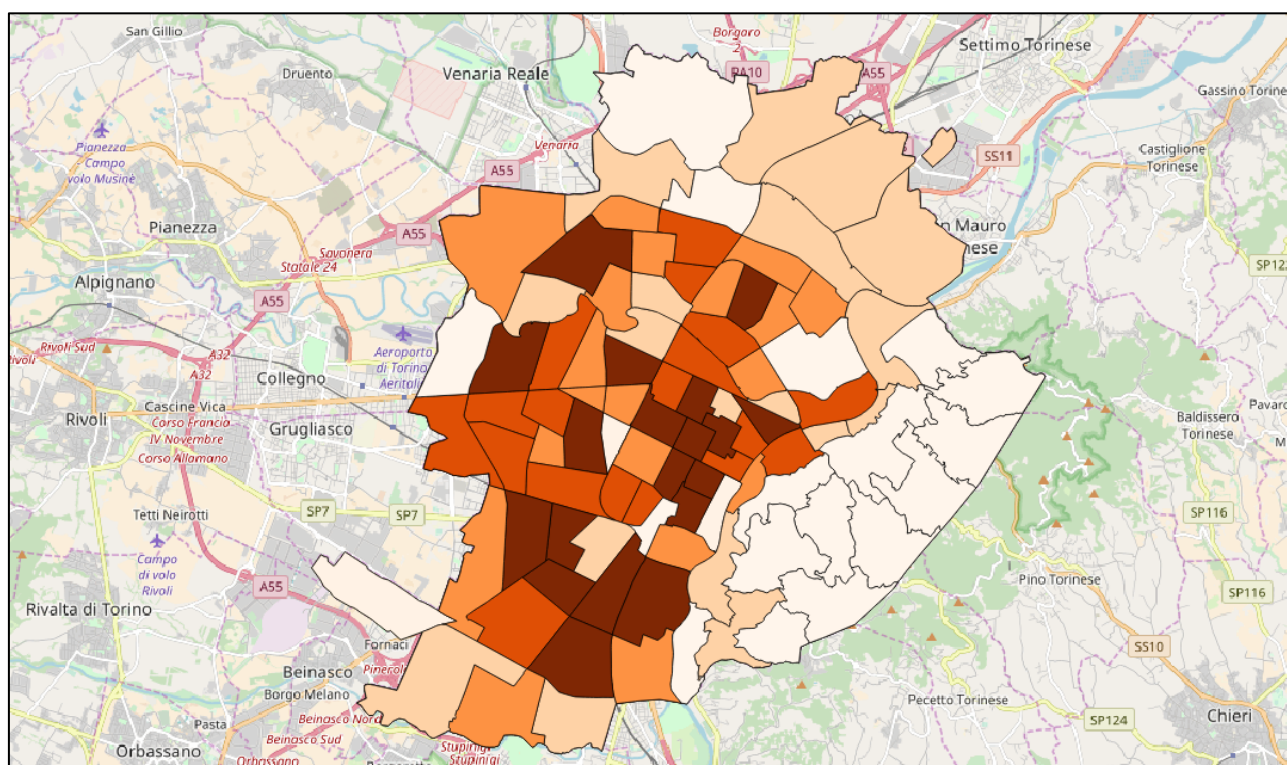
Grafico mq-accessibilità

MAPPATURA ACCESSIBILITÀ LICENZE PER ZONA STATISTICA

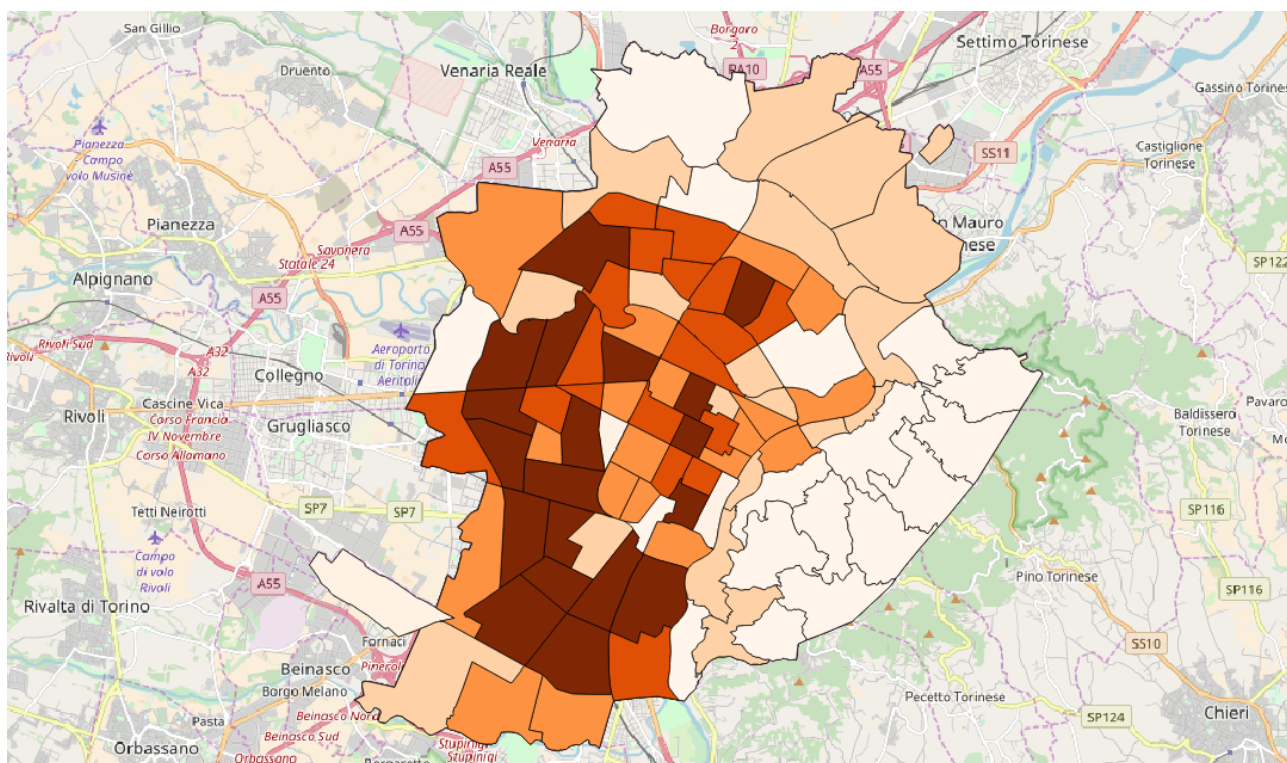
In questo paragrafo sono mostrate le mappe relative all'accessibilità verso le licenze, aggregate per zona statistica. Questo approccio rende la comprensione dei diversi livelli di accessibilità di più facile interpretazione utilizzando una mappatura cromatica in relazione al grado di accessibilità.



Accessibilità per Zona Statistica - Tempi



Mappa Accessibilità per Zona statistica - numero di licenze



Mappa Accessibilità per Zona Statistica - Popolazione relativa

Mappa Accessibilità per Zona Statistica Finale

Le zone evidenziate all'interno dei cerchi son quelle con una più alta intensità di accessibilità, confermando il forte impatto che la struttura dei mezzi di trasporto pubblici, ovvero fermate dei bus tram e metropolitana riescono ad influenzare il comportamento spaziale e quindi le scelte strategiche degli individui.

CONCLUSIONI

I risultati di questo studio mostrano che è possibile costruire un modello di accessibilità facilmente mappabile. L'interazione con programmi legati alle analisi spaziali come Qgis sono di grande aiuto anzitutto per rendere la raccolta dati e l'applicazione stessa dell'indice a costi sostenibili, riuscendo a ridurre i tempi stessi dell'analisi. L'informazione che l'accessibilità fornisce, può generare un vantaggio competitivo sia nel breve che nel lungo periodo. Può sicuramente migliorare il welfare collettivo se utilizzato nel giusto modo dai pianificatori o legislatori, i quali possono valutare il diverso uso del territorio e progettando una rete di trasporto pubblico che cerca di soddisfare i bisogni degli individui. Lo studio sull'accessibilità di fatti può essere implementato introducendo diversi scenari operativi, come prendere in considerazione nuove modalità di trasporto, nuovi percorsi (rotte), combinazioni di percorsi, combinazioni di modalità di trasporto o analizzandone la forma al variare dei punti partenza e/o dei punti di arrivo. L'accuratezza con cui viene impostata la procedura, rende indubbiamente il calcolo dell'indice più efficiente, e di facile interpretazione. L'accessibilità, come indice spaziale ha bisogno di una grande mole di informazioni. In primis lo studio del comportamento degli individui e l'insieme di scelte che questi hanno a disposizione nel scegliere quale punto raggiungere, con quale mezzo e il perché un punto di destinazione piuttosto che un altro, sono elementi che aumentano esponenzialmente le informazioni ricavabili dall'accessibilità. Un modo per reperire tali informazioni può essere somministrare agli individui selezionati per categoria (es. reddito, lavoro) dei questionari ben strutturati tali per cui l'individuo possa indicare quali sono i suoi bisogni e il perché fa determinate scelte, senza incorrere in errore e non distorcere l'informazione. Oltre al comportamento, è necessario avere a disposizione database di informazione spaziale sull'area oggetto di analisi. Nel caso studio affrontato, si è cercato di mettere in relazione gli aspetti socio demografici, i livelli di servizio del sistema di trasporto pubblico e le caratteristiche attrattive delle licenze. Uno sviluppo del modello utilizzato è introdurre scelte relative alle diverse modalità di viaggio, l'interazione fra queste, pesando le diverse categorie di individui in funzione delle loro caratteristiche e di conseguenza valutare l'accessibilità su più livelli, migliorando la scelta strategica. L'accessibilità si pone quindi come uno strumento strategico utilizzabile sia dai consumatori, i quali possono prenderla in considerazione per scelte sulla localizzazione della propria abitazione nel centro urbano, in quelle zone contraddistinte da un indice superiore. È uno strumento per i pianificatori urbani, utile per massimizzare l'efficienza dei trasporti, ed infine è utile per quei soggetti desiderosi di iniziare una nuova attività, individuando quelle zone che potenzialmente possono essere raggiunte da una clientela maggiore.

BIBLIOGRAFIA

1. Consumer city, *Journal of Economic Geography* 1 (2001) pp. 27-50, Edward L. Glaeser, Kolko, Saiz
2. Indicators of urban accessibility: theory and application, *Transportation* 9 (1980) pp 145-172, J.K. Koenig
3. The problem of aggregation and distance for analyses of accessibility and access opportunity in location-allocation models (1981), L. Bach
4. On the numerical measurement of accessibility (1980), Weibull
5. Accessibility Indicators For Transport Planning (1979), pp. 91-109, J. M. Morris
6. A family of spatial interaction models and associated developments (1971), pp 1-32, A.G. Wilson
7. Accessibility measures of U.S Metropolitan Areas (1993) , pp. 439-449, W. Bruce Allen, Dong Liu, Scott Singer
8. The concept of accessibility: A search for an operational form (1971), *Regional Studies*. Vol 5, pp. 101-197, D. R. Ingram
9. Physical Accessibility as a Social Indicator (1973), *Socio-Econ.Plan* Vol 7, pp 437-456, M. Wachs, T. Gordon Kumugai
10. Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges (2004), M. Guagliardo
11. Correlation or causality between the built environment and travel behavior? Evidence from Northern California (2005), S. Handy, X. Cao, P. Mokhtarian
12. Cities and highway networks in Europe (1996), G. Dupuy
13. Job Accessibility in the San Juan Metropolitan Region Implications for Rail Transit Benefit Analysis, M.Zhang, W. Shen, J. Sussman
14. Analysis of Activity-Based Accessibility (1998), X. Dong
15. Modeling experienced accessibility for utility- maximizers and regret-minimizers, G. Chorus, G. Jong
16. A measure of linked-trip accessibility (1982), A.J. Richardson, W. Young
17. A GIS-based land use and public transport accessibility indexing model (2007), T. Yigitcanlar, N. Sipe
18. Spatial Behavior in Transportation Modeling and Planning (2001), R. Golledge, T. Garling
19. Accessibility and Cognition: The Effect of Transport Mode on Spatial Knowledge (2008), A. Mondeschein

RINGRAZIAMENTI

Be che dire siamo arrivati all'ultima pagina della mia tesi, l'ultima pagina che chiude una parte fondamentale della mia vita, ma che ne apre sicuramente un'altra. Questo percorso non può quindi che concludersi con i dovuti ringraziamenti a tutte quelle persone che in questi anni mi sono state vicine.

Vorrei ringraziare in primis il professore L. Buzzacchi e il professore A. De Marco, rispettivamente relatore e correlatore, grazie per aver guidato il mio lavoro, la vostra serietà e professionalità sono un bagaglio fondamentale che porterò sempre con me, grazie per la conoscenza che mi avete donato. Grazie ai miei coinquilini Marco, Nicola e Francesco, gli ultimi 6 mesi a Torino con voi sono volati tra risate, piatti degni di un ristorante pluripremiato, notti a briscola in 5 e al sempre temuto risiko. Grazie ragazzi. Ringrazio i miei colleghi diventati ormai grandi amici. Francesco, insieme abbiamo affrontato un semestre intero, uniti contro sconfinati progetti e i tuoi amati software, siamo riusciti a fare grandi cose, ottenendo risultati ottimi. Grazie Fra ormai siamo come fratelli. Grazie a Mattia, Giuseppe, Mary, ricordo ancora come fosse ieri il primo giorno in cui ci siamo conosciuti qui al poli, tra i discorsoni di Mattia le repliche di Giuseppe e le risate di Mary. Grazie amici. L'ultimo ringraziamento, il più grande fra tutti va alla mia famiglia, a mio Padre e mia Madre. Senza voi tutto questo non sarebbe mai stato possibile, oggi senza il vostro amore non sarei l'uomo che sono diventato. Be direi che posso finirla qui, grazie ancora a chi mi è stato vicino e che mi scuserà se non trova qui il suo nome, ma siete in troppi, per fortuna.

Grazie

Marco