

*On the Dependence of Residential Property Prices  
on Levels of Accessibility to Services and Transport  
Infrastructure*

# SULLA DIPENDENZA DEL PREZZO DEGLI IMMOBILI RESIDENZIALI DAI LIVELLI DI ACCESSIBILITÀ A SERVIZI E INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO

*Gabriella Maselli, Stefano de Luca, Antonio Nesticò*

*DICIV - Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno, Via Giovanni Paolo II, 132, 84084 - Fisciano, Salerno, Italia  
gmaselli@unisa.it; sdeluca@unisa; anestico@unisa.it*

## Abstract

Intrinsic characteristics and urban facilities significantly influence residential property prices. However, among the effects of city facilities, those related to accessibility to the urban system services and activities have not yet been sufficiently investigated and their spatial heterogeneity is often overlooked. The aim of the paper is to define a methodology to analyse the impact of accessibility to services and infrastructures on property values. It is a three-step methodology: (i) characterisation of the price function; (ii) verifying the goodness of the model; (iii) autocorrelation analysis and implementation of spatial econometric models. A new element of this research is the construction of a panel of input variables useful for setting the price function. In fact, in addition to intrinsic characteristics and zonal characteristics, local accessibility indicators and systemwide accessibility indicators, usually not included in evaluations, are introduced. In addition, the last step of the model demonstrates the necessity of implementing spatial econometric models in cases where the levels of spatial heterogeneity are not negligible. The implementation of the model to real case studies will allow to quantify the impact of local and systemwide accessibility on residential property values.

KEY WORDS: *Property Values, Infrastructure Accessibility, Marginal Price, Regression Models.*

## 1. Introduzione

L'impatto dell'accessibilità ai servizi e alle attività del sistema urbano sull'uso del suolo e sui prezzi degli immobili è ampiamente studiato dalla letteratura di settore e dai pianificatori dei trasporti [1].

Già nel 1959, il pianificatore americano Hansen analizzava sistematicamente la relazione tra accessibilità e uso del suolo [2]. Allo stesso modo, anche le teorie classiche sull'economia urbana hanno indagato il rapporto tra accessibilità e spazio [3]. Nel 1969, Muth aveva rilevato che le abitazioni con una migliore accessibilità ai servizi e alle attività del sistema urbano hanno generalmente valori immobiliari più alti per unità di superficie [4].

Tali teorie mostrano che investimenti in sistemi di trasporto determinano un incremento del livello di accessibilità, cosicché i benefici incrementali che ne derivano possono essere capitalizzati dai proprietari degli immobili. Per capire come misurare l'impatto sui prezzi degli immobili residenziali, occorre dapprima specificare cosa si intende con il termine "accessibilità".

Innanzitutto, si tratta di un concetto fondamentale nelle teorie della struttura spaziale metropolitana. In accordo al modello urbano classico, la struttura della città può essere interpretata come una funzione di compromesso tra l'accesso ai posti di lavoro, generalmente situati al centro della città, e i prezzi degli alloggi.

Da qui deriva una forma di città più densamente popolata

\*Il presente lavoro va attribuito in parti uguali ai tre autori.

e con i valori fondiari più alti al centro, e con densità e prezzi costantemente decrescenti man mano che ci si avvicina alle zone periferiche [5]. Al giorno d'oggi, la forma delle aree metropolitane è cambiata radicalmente. In primo luogo, le città non sono più monocentriche. Al riguardo, studi empirici recenti documentano la decentralizzazione sia dei posti di lavoro, che della popolazione, nonché l'esistenza di concentrazioni multiple. In aggiunta, la letteratura dimostra che l'accessibilità è legata anche ad altri fattori, quali l'opportunità di accedere a risorse pubbliche scarse come le scuole di alta qualità, negozi e servizi, fermate degli autobus, stazioni della metropolitana e ferroviarie, parchi urbani e verde stradale. Ne deriva quindi che il livello di infrastrutturazione influenza sensibilmente l'accessibilità e, per conseguenza, i valori immobiliari. Generalmente, per l'analisi dei prezzi delle abitazioni si impiegano i Modelli dei Prezzi Edonici (MPE) in base ai quali la variabile dipendente (prezzo delle abitazioni) è funzione di un insieme di caratteristiche alle quali le famiglie attribuiscono un valore, inclusa l'accessibilità ai trasporti [6].

Nonostante la relazione tra accessibilità e valori immobiliari sia stata ampiamente studiata, ci sono ancora diverse sfide correlate al tema che necessitano di ulteriori indagini. In primo luogo, è necessario approfondire come tener conto dei diversi livelli di accessibilità nella caratterizzazione del MPE. Spesso, la distanza più breve o il tempo di viaggio da un'abitazione ad una struttura di interesse viene scelta come variabile *proxy*, trascurando però le differenze tra le strutture e la loro scarsità. In secondo luogo, il mercato immobiliare è complesso ed eterogeneo, per cui il prezzo dell'abitazione può essere correlato a caratteristiche non osservate.

Pertanto, è necessario selezionare attentamente le caratteristiche estrinseche - oltre a quelle intrinseche - che caratterizzano il modello, e a volte anche valutare gli effetti combinati di molteplici fattori. In terzo luogo, l'accessibilità è un tipico attributo spaziale, per cui spesso gli MPE non riescono a tenerne adeguatamente in conto. Difatti, in un tipico MPE, si ipotizza che tutte le ipotesi della regressione multipla lineare siano soddisfatte.

Tuttavia, nell'analisi di attributi di quartiere o zionali si può riscontrare correlazione spaziale tra le osservazioni. Per cui, è necessario verificare la presenza di autocorrelazione spaziale nei MPE non rettificati e valutarne eventualmente gli effetti [7].

Con questo paper s'intende dapprima approfondire le possibili misure di accessibilità da poter includere nella caratterizzazione di un MPE. Quindi ci si focalizza sui modelli generalmente impiegati nella letteratura di settore per valutare l'effetto dell'accessibilità sui valori immobiliari, evidenziandone limiti e vantaggi. Infine, si caratterizza una funzione di prezzo, in cui si definiscono le variabili indipendenti, le relative unità di misura e l'indicatore o variabile *proxy* utile per stimarle.

L'obiettivo è caratterizzare un MPE utile a valutare l'impatto delle caratteristiche intrinseche, estrinseche e di accessibilità sui prezzi delle abitazioni, una volta calibrato il modello sulla specifica città o area metropolitana oggetto di analisi.

## 2. Analisi della letteratura

### 2.1. Caratteristiche intrinseche, caratteristiche estrinseche e prezzo degli immobili

La letteratura mostra un ampio utilizzo di modelli edonici al fine di determinare la funzione prezzo degli immobili. Tale funzione è definita da un insieme di prezzi impliciti o edonici, in relazione non solo alle caratteristiche proprie delle abitazioni (dette intrinseche), ma anche in base all'ubicazione e alle peculiarità del luogo (caratteristiche estrinseche o zionali). Secondo Wittowsky et al. [8], gli attributi delle abitazioni possono essere divisi in: (i) caratteristiche specifiche dell'abitazione; (ii) caratteristiche del quartiere; e (iii) caratteristiche di accessibilità.

Le ultime due possono anche essere intese come caratteristiche locali. Le caratteristiche intrinseche includono, per esempio: il tipo di abitazione e la superficie dell'alloggio; il numero di stanze, di bagni e di balconi; l'esposizione e la luminosità; la presenza dell'ascensore; il livello di piano. Tra le caratteristiche estrinseche (o zionali) rientrano fattori sociali, economici e ambientali del circondario. Tra i fattori sociali si annoverano, tra gli altri: la criminalità e la vicinanza a strutture nocive; la qualità delle scuole vicine; la composizione razziale o etnica della popolazione. Tra le variabili economiche figurano il reddito medio pro-capite e il livello di tassazione comunale. Infine, i fattori ambientali comprendono la vicinanza a parchi urbani e a spazi verdi, che determinano un effetto positivo sui prezzi delle abitazioni, ma anche il livello di inquinamento ambientale e acustico e la vicinanza a disservizi ecosistemici che comportano invece un decremento del valore di mercato delle abitazioni [9-11].

Per ciò che riguarda le caratteristiche di accessibilità, la letteratura di settore mostra che i valori degli immobili residenziali sono funzione dell'accesso ai servizi, alle strutture urbane, ai posti di lavoro, ma anche della distanza dal centro finanziario della città, dalle principali infrastrutture e dal trasporto pubblico in genere [6].

La prossima sezione si focalizza sulle principali misure di accessibilità urbana.

### 2.2. Misure di accessibilità a servizi e a infrastrutture di trasporto

Con il termine "accessibilità", ampiamente utilizzato nella pianificazione urbana e dei trasporti, s'intende la capacità di raggiungere una potenziale destinazione da una deter-

minata località mediante un particolare sistema di trasporto. Pertanto, l'accessibilità di un luogo risulta determinata principalmente da due fattori: il sistema di trasporto e il modello di uso del suolo [12]. Geurs e van Wee [13], invece, hanno identificato quattro componenti da dover includere nella misura dell'accessibilità: (i) uso del suolo, che si riferisce alla distribuzione spaziale e alla qualità delle opportunità; (ii) trasporto, che considera la disutilità correlata allo spostarsi da un dato luogo a un'opportunità rilevante; (iii) la componente temporale dovuta alla disponibilità di opportunità in diversi momenti della giornata e al tempo a disposizione per partecipare a tali opportunità; (iv) la componente individuale, che si riferisce ai bisogni e alle preferenze dei diversi individui.

Gli studi empirici che dimostrano come l'accessibilità sia un fondamentale "fattore esterno" che influenza sensibilmente i prezzi delle abitazioni sono molteplici. Generalmente è stato dimostrato che l'aumento di accessibilità correlata ad un miglioramento del trasporto si traduce in un innalzamento dei valori immobiliari. Tuttavia, alcuni studi hanno riscontrato effetti neutri o negativi, in particolare nel campo dell'accessibilità alle stazioni ferroviarie, a causa delle esternalità negative associate a queste strutture [14].

Per ciò che concerne strettamente la misura dell'accessibilità, in letteratura esistono diversi approcci in relazione allo scopo dello studio. Handy e Niemeier [12] hanno classificato gli indicatori utili a misurare l'accessibilità in tre principali gruppi: (a) di tipo gravitazionale o *Hansen-gravity*, (b) basati sulle opportunità accumulate e (c) basati sulla teoria dell'utilità casuale.

Gli indicatori *Hansen-gravity*, che misurano l'accessibilità a un determinato servizio, sono stati i più utilizzati a livello pratico e sono considerati i più robusti.

La loro formulazione generale è:

$$A_i = \sum_j f(E_j, C_{ij}) \quad (1)$$

Nella (1):  $A_i$  rappresenta l'accessibilità alle opportunità in una determinata zona  $i$ ;  $E_j$  misura l'attrazione della zona  $j$  (in termini di opportunità commerciali, posti di lavoro, ecc.);  $C_{ij}$  è una misura del costo del viaggio tra le zone  $i$  e  $j$ .

Il metodo Hansen è adatto per misurare l'accessibilità all'occupazione, in quanto generalmente le opportunità di lavoro sono proporzionali alle dimensioni di un'area o al numero di potenziali persone. Invece, l'accessibilità a servizi come l'istruzione può essere misurata utilizzando il tempo di percorrenza per raggiungere la destinazione scolastica più vicina come variabile *proxy* dell'accessibilità stessa, poiché ogni bambino tenderà ad usufruire della scuola più vicina.

La principale differenza tra gli indicatori *Hansen-gravity* (a) e gli indicatori basati sulle opportunità cumulate (b) è che i primi sono in grado di ponderare differentemente le op-

portunità in base al costo di viaggio; nel secondo caso, invece, i costi possono essere ponderati solo in modo binario, ovvero possono assumere un valore pari a 1 o 0 a seconda che le opportunità si trovino all'interno o all'esterno di un determinato intervallo [20].

Infine, rispetto agli indicatori basati sull'utilità (c), gli indicatori *Hansen-gravity* (a) hanno una natura zonale che li rende più appropriati per ricerche focalizzate su una scala intermedia [15].

Molteplici sono gli autori che utilizzano gli indicatori *gravity-type* (a) [6, 9, 16]. Tra questi, Cascetta [16], Coppola e Nuzzolo [17], Ibeas et al. [18] applicano il modello *Hansen-gravity* distinguendo tra accessibilità attiva e accessibilità passiva. L'accessibilità attiva è intesa come la capacità di una zona di raggiungere le opportunità presenti in altre aree, mentre l'accessibilità passiva rappresenta la capacità di una zona di essere raggiunta dalle popolazioni di altri quartieri. In formula:

$$ACC\_ACT_i = \sum_j [\exp(\alpha_2 \cdot C_{ij}) \cdot E_j^{\alpha_1}] \quad (2)$$

$$ACC\_PAS_j = \sum_i [\exp(\alpha_4 \cdot C_{ij}) \cdot P_i^{\alpha_3}] \quad (3)$$

In cui:  $P_i$  è la popolazione o il numero di famiglie presenti nella zona  $i$ ;  $E_j$  e  $C_{ij}$  misurano rispettivamente l'attrazione della zona  $j$  e il costo del viaggio tra le zone  $i$  e  $j$ .  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  e  $\alpha_4$  sono stimati tramite il metodo dei Minimi Quadrati Ordinari (MQO), esprimendo entrambi i termini delle espressioni (2) e (3) in termini logaritmici.

Du and Mulley [6] hanno usato il tempo di viaggio come misurazione dell'accessibilità. Per misurare l'accessibilità all'educazione tramite il trasporto pubblico hanno fatto ricorso al metodo dell'elemento più vicino (*closest method*), ovvero hanno calcolato il tempo di viaggio per raggiungere la scuola più vicina.

Per valutare l'accessibilità all'occupazione è stata utilizzata la misura di accessibilità pesata 'Hansen', calcolata con una formula *gravity-based*. Martínez and Viegas [19] distinguono attributi di accessibilità a livello di sistema e attributi di accessibilità locali. Gli indicatori di accessibilità a livello di sistema sono stati valutati per mezzo di un modello gravitazionale.

L'accessibilità locale è misurata attraverso l'approccio 'tutto-o-nulla' (*all-or-nothing*), considerando l'influenza (totale o nulla) derivante dalla vicinanza ai punti di ingresso di mezzi di trasporto pubblico o ad assi stradali nevralgici. In questo caso, l'accessibilità è stimata attraverso un set di variabili *dummy*, alle quali si attribuisce il valore 1 se la proprietà è prossima alla linea di trasporto pubblico o alla strada, 0 se è lontana, ovvero non risente del beneficio in termini di accessibilità. L'approccio *all-or-nothing* non riesce a cogliere l'accessibilità di sistema ma, essendo di più semplice implementazione pratica, è adottato da diversi autori [19].

Infine, altri autori valutano l'accessibilità locale non solo attraverso variabili *dummy* (1 o 0), ma anche tramite variabili quantitative: distanza in metri dalle stazioni della metropolitana, dalle linee di autobus, dalle stazioni ferroviarie; distanza o tempo in minuti dal centro finanziario o dai principali servizi urbani; accesso a negozi, giardini, linee di autobus, ecc. [18, 20].

### 2.3. Il Metodo del Prezzo Edonico e Modelli Econometrici Spaziali

La stima edonica è fondata principalmente sulla teoria del comportamento del consumatore di Lancaster, secondo la quale non è il bene in sé a creare utilità, ma le sue specifiche caratteristiche [21]. In altri termini, il valore degli output - in questo caso il valore degli immobili residenziali - è dato dalla somma dei valori che il consumatore dà a ciascuno dei diversi attributi che lo costituiscono. In questo modo è possibile stimare i prezzi di quelle caratteristiche che non sono oggetto di transazioni di mercato osservabili [22].

Generalmente, l'MPE utilizza modelli MQO, ovvero la Regressione Lineare Multipla (RLM). Il modello generale è tipicamente espresso attraverso la seguente formulazione:

$$Y = X \cdot \beta + \varepsilon \quad (4)$$

Nella [4]:  $Y$  è un vettore ( $n \times 1$ ) dei prezzi delle singole abitazioni, generalmente specificato in termini logaritmici;  $X$  è una matrice ( $n \times k$ ) delle variabili indipendenti, generalmente rappresentate dalle caratteristiche immobiliari (intrinseche ed estrinseche);  $\beta$  è il vettore dei  $k$  coefficienti da stimare;  $\varepsilon$  è un vettore ( $n \times 1$ ) di errori indipendenti e identicamente distribuiti [16].

In alcuni studi è stata dimostrata la non stazionarietà tra le diverse aree nella relazione tra accessibilità e valori immobiliari [7, 23]. Questo significa che a seconda delle caratteristiche socioeconomiche dell'area indagata, l'accessibilità può determinare un effetto positivo sui prezzi delle abitazioni in alcuni quartieri ed effetti neutri o negativi in altri. Tale non stazionarietà spaziale può derivare, da una parte, da una non corretta caratterizzazione del modello, soprattutto quando alcuni dati non sono disponibili o quando alcune variabili sono trascurate nelle analisi. Dall'altra parte, variabili quali quelle che definiscono l'accessibilità sono spazialmente eterogenee.

Proprio per tener conto della dipendenza e dell'eterogeneità spaziale, i modelli di regressione lineare possono essere supportati da modelli econometrici spaziali [7].

In altri termini, tale dipendenza spaziale può essere considerata includendo variabili spaziali "ritardate" (*lagged*) nel modello [19].

Il modello econometrico spaziale più usato per tener conto della dipendenza spaziale nelle osservazioni di una

regressione lineare è il modello Autoregressivo Simultaneo (ARS). In questo modello, il processo autoregressivo è applicato alla variabile  $Y$  che viene modellata come una variabile "lagged":

$$Y = \rho \cdot W \cdot Y + X \cdot \beta + \varepsilon \quad (5)$$

Nella [5]  $\rho$  è il parametro di autocorrelazione spaziale,  $W$  è la matrice dei pesi spaziali di dimensione  $n \times n$ , con  $n$  numero di osservazioni.

Nel Modello di Errore Spaziale (MES), invece, la dipendenza spaziale è applicata al termine di errore:

$$Y = X \cdot \beta + \lambda \cdot W \cdot u + \varepsilon \quad (6)$$

Dove:  $\lambda$  è il coefficiente di autoregressione spaziale,  $u$  è il vettore del termine di errore spaziale,  $W$  la matrice dei pesi,  $\varepsilon$  è il termine di errore spazialmente indipendente. Nel Modello Spatial-Durbin (MSD), l'autoregressione spaziale è applicata a tutte le variabili:

$$Y = \rho \cdot W \cdot Y + X \cdot \beta + W \cdot x \cdot \gamma + \varepsilon \quad (7)$$

$X$  è la matrice delle variabili indipendenti ( $n \times k$ ),  $\gamma$  è il coefficiente di autoregressione applicato alla matrice  $X$ .

Il Modello di Auto-Correlazione Spaziale (ACS) usa due matrici dei pesi, uno per la variabile dipendente e uno per l'errore spaziale:

$$Y = \rho \cdot W \cdot Y + X \cdot \beta + W \cdot x \cdot \gamma + \varepsilon \quad (8)$$

Infine, un altro modello ampiamente sperimentato in letteratura è quello che impiega la Regressione Geografica Pesata (RGP), che può considerarsi come la versione 'locale' del modello di regressione lineare che impiega il metodo dei MQO [16, 20].

La seguente tabella (vedi Tab. 1) sintetizza i principali più recenti studi di letteratura che testano la relazione tra accessibilità e valori immobiliari. Per ogni studio si riporta il modello impiegato e si specifica come è stata stimata l'accessibilità. A differenza di ARS, MES e MSD, che forniscono un unico prezzo marginale per ogni variabile indipendente, con la RGP è possibile valutare la variazione locale dei prezzi marginali impliciti per ogni caratteristica introdotta dal modello.

Emerge che gli aspetti cruciali riguardano: (a) l'identificazione del miglior modello di regressione; (b) la comprensione dei coefficienti del modello spaziale.

Per quanto riguarda il punto (a), Anselin [23] definisce una metodologia per selezionare il modello di regressione più performante. Per quanto riguarda il punto (b), Golgher et al. [24] spiegano come interpretare i coefficienti del modello spaziale.

### 3. Metodologia

IDi seguito definiamo gli step logico-operativi da seguire per poter valutare l'effetto dell'accessibilità sui valori immobiliari.

*Step 1: Caratterizzazione del Modello del Prezzo Edonico (MPE).* Occorre definire le variabili da cui dipende la funzione del prezzo  $Y$  degli immobili. In termini generali,  $Y$  è funzione delle caratteristiche intrinseche  $C_i$  dell'immobile, caratteristiche estrinseche o di quartiere  $C_e$ , indicatori di accessibilità locale  $A_l$ , indicatori per valutare l'accessibilità di sistema  $A_s$ :

$$Y = f(C_i, C_e, A_l, A_s) \quad (9)$$

Il modello più utilizzato per valutare l'effetto dell'accessibilità è il semilogaritmico, secondo cui:

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \dots + \beta_i \cdot X_i + \dots + \beta_k \cdot X_k + \varepsilon \quad (10)$$

In un siffatto modello, un cambiamento in una variabile esplicativa ( $X_i$ ) determina un cambiamento percentuale ( $100 \times \beta_i$ ) nella variabile dipendente  $Y$  e rappresenta l'elasticità di quella variabile. Per le variabili indicatrici - o variabili *dummy* - le elasticità possono essere calcolate come segue:

$$E_i = [\exp(\beta_i) - 1] \cdot 100 \quad (11)$$

La seguente tabella (vedi Tab. 1) riporta un panel di variabili utili a specificare il modello descritto dalla formula (10). L'analista potrà selezionare gli indicatori utili a calibrare il modello sulla base delle specifiche caratteristiche sociali, economiche, ambientali dell'area di studio e sulla base della disponibilità di dati. Tali variabili sono desunte dai riferimenti bibliografici di settore.

*Step 2: Verifica della bontà del modello.* Una volta calibrato ed implementato il modello, occorre verificare che le ipotesi su cui si basa la regressione multipla siano verificate. In primo luogo, occorre verificare l'accettabilità dei risultati, valutando gli indici di determinazione  $R^2$ ,  $R^2_{corr}$ , il criterio d'informazione Akaike (*Akaike's Information Criterion*, AIC). Quindi si verifica: (a) la normalità delle distribuzioni condizionate e la linearità delle relazioni tra le variabili mediante il metodo Q-Q plot; (b) l'ipotesi di omoschedasticità tramite analisi dei residui; (c) l'esistenza di una relazione significativa tra la variabile dipendente  $P$  e l'insieme delle variabili esplicative, mediante il test- $F$  di significatività globale; (d) la significatività di ciascuna delle variabili esplicative del modello, implementando il test  $t$  sui singoli coefficienti di regressione [10, 13].

*Step 3: Analisi di autocorrelazione e implementazione di modelli econometrici spaziali.* La regressione lineare multipla assume che i coefficienti di regressione siano omogenei nello spazio. Tuttavia, l'uso di dati spaziali - come quelli correlati all'analisi dell'accessibilità - non sempre soddisfa le ipotesi di base della regressione ordinaria dei minimi quadrati. Per cui occorre analizzare l'autocorrelazione spaziale. Al riguardo, l'indice di Moran  $I$  permette di verificare la presenza di autocorrelazione residua. Il Test dei moltiplicatori di Lagrange (*Lagrange Multiplier test*, LM) è utile per rilevare errori di specificazione dovuti al fatto che i modelli RLM non considerano la dipendenza spaziale [14]. Se l'autocorrelazione spaziale presente nei residui dei modelli RLM risultasse significativa, occorre supportare l'analisi con modelli econometrici spaziali, introdotti alla sezione 2.3, al fine di fornire delle stime più accurate.

Variabile Indipendente	Descrizione
<b>Caratteristiche intrinseche</b>	
Appartamento	Dummy (1 = sì; 0 = no) - Percentuale di appartamenti [%]
Proprietà a schiera	Dummy (1 = sì; 0 = no)
Proprietà indipendente	Dummy (1 = sì; 0 = no)
Camere da letto	Numero totale nell'abitazione
Bagni	Numero totale nell'abitazione
Epoca di costruzione	Dummy (0,1) per intervalli di tempo - Età media degli edifici (dummy)
Garage, parcheggio, ascensore, terrazza, giardino, porta di sicurezza, riscaldamento automatico	Presenza o assenza (1 = sì; 0 = no)
Miglioramento	Necessità di importanti miglioramenti (1 = sì; 0 = no)
Stato di conservazione	Scala qualitativa (1 = mediocre; 3 = modesto; 5 = ottimo)
Piano	Livello del piano
Orientamento	Soleggiato, angolare, frontale (1 = sì; 0 = no)
<b>Caratteristiche estrinseche</b>	
Densità (abitazioni)	Abitazioni/Km <sup>2</sup> - Metri quadrati costruiti/metri quadrati
Densità (quartiere)	Misura della densità di popolazione della zona
Ristorante, bancomat, servizi medici, negozi di quartiere	Numero di servizi entro un certo raggio (500 - 1.000 m) o dummy (presenza o assenza entro un certo raggio)
Alunni	Rapporto alunni/insegnanti
Reddito studenti-famiglie	€/\$
Scuola elementare	Dummy (presenza o assenza in un certo raggio)
Scuola di qualità	Punteggio medio della scuola secondaria più vicina
Indice di istruzione	N. di laureati di età superiore ai 20 anni
Minoranza etnica	% di minoranze etniche
Occupazioni professionali	% di occupazioni professionali superiori
Disoccupazione	% di disoccupazione
Area verde	% di area verde nel quartiere/Distanza dalla area verde più vicina [km]
Lavoro	Numero di posti di lavoro presenti nella zona in cui si trova l'immobile; Posti di lavoro/Km <sup>2</sup>

## Mobilità, Accessibilità, Infrastrutture

Superficie agricola nella zona	Rapporto di superficie agricola nella zona
Attributi socio-economici	Dummy (proprietà situata in un'area mediocre, buona o eccellente)
Popolazione straniera	Percentuale di popolazione nata fuori dallo Stato [%]
Automobili	Numero di automobili per abitazione
Disservizi ecosistemici	Distanza dal disservizio più vicino [km]
Inquinanti ambientali	Valore degli inquinanti misurati (ad es. CO, NOX, PM <sub>10</sub> in µg/m <sup>3</sup> )
Stato di conservazione	N. di edifici con uno stato di conservazione "molto buono", "buono", "scarso".
<b>Accessibilità locale</b>	
Distanza dalla costa, dal centro, dall'aeroporto, dalla stazione ferroviaria, dalla stazione della metropolitana, dalla strada principale, dalle linee di autobus	Km o attraverso una serie di variabili dummy (ad esempio, immobile a 10 minuti a piedi dalla stazione/linea dell'autobus, ecc.)
Distanza dal centro finanziario	Tempo che si impiega nell'ora di punta del mattino per raggiungere centro finanziario della città dall'immobile utilizzando la rete stradale [min]
Interazione autobus/ferrovie/metropolitana	Numero di linee interne di autobus (metro o treno) che servono la zona - Frequenza cumulativa di tutte le linee di autobus (metro o treno)
Essere in centro/vicino alla spiaggia/in una zona commerciale/in una zona di prestigio	Dummy (1 = sì; 0 = no)
Accesso ai servizi o ai trasporti	Tempo di percorrenza a piedi in minuti per raggiungere queste attività o servizi
Strada	Densità stradale [km/km <sup>2</sup> ]
Area pedonale	Densità aree pedonali [km/km <sup>2</sup> ]
Illuminazione pubblica	Densità di lampioni [100 lampioni/km <sup>2</sup> ]
<b>Accessibilità di sistema</b>	
Tempo di percorrenza	Minuti per raggiungere la scuola (primaria, secondaria, università)
Accessibilità attiva	Misura dell'accessibilità attiva all'occupazione (modello Hansen)
Accessibilità passiva	Misura dell'accessibilità passiva all'occupazione (modello Hansen)
Accessibilità al lavoro	Tempo di percorrenza in auto o con i mezzi pubblici per raggiungere il luogo di lavoro [min]

### 4. Conclusioni e prospettive di ricerca

Questo paper analizza l'effetto dell'accessibilità sui prezzi degli immobili, intendendo per accessibilità la capacità di raggiungere una potenziale destinazione  $i$  da una determinata località  $j$  mediante uno specifico sistema di trasporto. In particolare, dapprima ci si focalizza sui metodi per misurare l'accessibilità e i MPE più idonei per poterla valutare. Quindi, si definiscono gli step logico-operativi da seguire per valutare l'impatto dell'accessibilità sui prezzi delle abitazioni. Si fornisce inoltre un dataset di indicatori utili a definire e calibrare il MPE. Dalle analisi condotte, emergono i seguenti principali risultati.

In primo luogo, la scelta delle variabili indipendenti è una fase determinante per la caratterizzazione del MPE. Trascurare alcune variabili nelle analisi significherebbe infatti il risultato delle elaborazioni. Quindi, per definire un modello attendibile, occorre innanzitutto includere nel MPE quattro tipi di attributi: (i) caratteristiche intrinseche della proprietà; (ii) caratteristiche estrinseche o di quartiere; (iii) accessibilità locale; (iv) accessibilità di sistema. Gli indicatori di accessibilità locale si riferiscono principalmente alla distanza dell'immobile dai mezzi di trasporto pubblico. Gli indicatori di accessibilità a livello di sistema sono generalmente *Hansen-gravity* e misurano l'accessibilità a un determinato servizio o al lavoro. Evidentemente, testare la bontà dei risultati restituiti dal MPE è necessario per individuare le variabili da escludere dalle analisi e per caratterizzare modelli progressivamente più raffinati. In secondo luogo, poiché si impiegano dati spaziali, risulta che le assunzioni su cui si basa la regressione multipla non sempre sono soddisfatte. Ne deriva che, per gestire l'autocorrelazione spaziale, la RML deve essere supportata da modelli econometrici spaziali (ARS, MES, MSD, RGP). Ciò proprio per ottenere risultati più accurati nel caso in cui i livelli di autocorrelazione nello spazio risultino significativi.

Il lavoro condotto costituisce punto di partenza per applicazioni a casi studio reali che permetteranno di testare il modello descritto.

Tab. 1 - Fattori che influenzano il prezzo delle proprietà immobiliari. (fonte: propria elaborazione)

## Bibliografia

- [1] Grace R., Saberi M.: *The value of accessibility in residential property*. In: Australasian Transport Research Forum 2018 Proceedings, 30 October - 1 November, Darwin, Australia, 2018. Maggiori informazioni su: <http://www.atrf.info>
- [2] Hansen W.G.: *How accessibility shapes land use*. In: Journal of the American Institute of Planners, vol. 25(2), pp. 73 - 76, 1959
- [3] Alonso W.: *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent*. Harvard University Press, Cambridge, 1964
- [4] Muth R. F.: *Cities and Housing: The Spatial Pattern of Urban Residential Land Use*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1969
- [5] Mills E.S.: *Studies in the Structure of the Urban Economy*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1972
- [6] Du H., Mulley C.: *Relationship between Transport Accessibility and Land Value: Local Model Approach with Geographically Weighted Regression*. In: Transportation Research Record, vol. 1977(1), pp. 197 - 205, 2006
- [7] Yuan F., Wei Y.D., Wu J.: *Amenity effects of urban facilities on housing prices in China: Accessibility, scarcity, and urban spaces*. In: Cities, vol. 96, p. 102433, 2020
- [8] Wittowsky D., Hoekveld J., Welsch J., Steier M.: *Residential housing prices: impact of housing characteristics, accessibility and neighbouring apartments – a case study of Dortmund, Germany*. In: Urban Planning and Transport Research, vol. 8(1), pp. 44 - 70, 2020
- [9] Chiarazzo V., dell'Olio L., Ibeas, A., Ottomanelli M.: *Modeling the Effects of Environmental Impacts and Accessibility on Real Estate Prices in Industrial Cities*. In: Procedia - Social and Behavioral Sciences, n. 111, pp. 460 - 469, 2014
- [10] Nesticò A., La Marca M.: *Urban Real Estate Values and Ecosystem Disservices: An Estimate Model Based on Regression Analysis*. In: Sustainability, vol. 12(16), p. 6304, 2020
- [11] Nesticò A., Maselli G.: *Declining discount rate estimate in the long-term economic evaluation of environmental projects*. In: Journal of Environmental Accounting and Management, vol. 8(1), pp. 93 - 110, 2020
- [12] Handy S.L., Niemeier D.A.: *Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives*. In: Environmental Planning A., n. 29, 1175 - 1194, 1997
- [13] Geurs K., van Wee B.: *Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions*. In: Journal of Transport Geography, n. 12, pp. 127 - 140, 2004
- [14] Cordera R., Coppola P., dell'Olio L., Ibeas Á.: *The impact of accessibility by public transport on real estate values: A comparison between the cities of Rome and Santander*. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice, n. 125, pp. 308 - 319, 2019
- [15] Koenig J.G.: *Indicators of urban accessibility: theory and application*. In: Transportation, n. 9, pp. 145 - 172, 1980
- [16] Cascetta E.: *Transportation Systems Analysis: Models and Applications, second ed.* Springer, New York, 2009
- [17] Coppola P., Nuzzolo A.: *Changing accessibility, dwelling price and the spatial distribution of socio-economic activities*. In: Research in Transportation Economics, n. 31, 63 - 71, 2011
- [18] Ibeas Á., Cordera R., dell'Olio L., Coppola P., Dominguez A.: *Modeling transport and real-estate values interactions in urban systems*. In: Journal of Transport Geography, n. 24, pp. 370 - 382, 2012
- [19] Martínez, L.M., Viegas, J.M.: *Effects of transportation accessibility on residential property values: hedonic price model in the Lisbon, Portugal, Metropolitan Area*. In: Transportation Research Record, vol. 2115(1), pp. 127 - 137, 2009
- [20] Yang L., Chau K.W., Szeto W.Y., Cui X., Wang X.: *Accessibility to transit, by transit, and property prices: Spatially varying relationships*. In: Transportation Research Part D: Transport and Environment, n. 85, p. 102387, 2020
- [21] Lancaster K. J.: *A new approach to consumer theory*. In: The Journal of Political Economy, vol. 74(2), pp. 132 - 157, 1966
- [22] Efthymiou D., Antoniou C.: *Measuring the effects of transportation infrastructure on real estate prices and rents. Investigating the potential current impact of a planned metro line*. In: EURO Journal on Transportation and Logistics, n. 3, 2013
- [23] Anselin L.: *Exploring spatial data with GeoDaTM: A workbook*. Center for Spatially Integrated Social Science, 2005
- [24] Golgher A.B., Voss P.R.: *How to Interpret the Coefficients of Spatial Models: Spillovers, Direct and Indirect Effects*. In: Spatial Demography, n. 4, pp. 175 - 205, 2016

