

# CORRELAZIONI TRA VALORI IMMOBILIARI E SERVIZI ECOSISTEMICI\*

*Antonio Nesticò<sup>a</sup>, Francesco Sica<sup>b</sup>, Theodore Endreny<sup>c</sup>*

*<sup>a</sup>DICIV - Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno,  
Via Giovanni Paolo II, 132, 84084 - Fisciano (SA), Italia*

*<sup>b</sup>DICAM - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, Università degli Studi di Trento,  
Via Mesiano, 77, 38123 - Trento, Italia*

*<sup>c</sup>ERE- Department of Environmental Resources Engineering, SUNY ESF, 1 Forestry Dr, 13210 - Syracuse (NY), USA  
anestico@unisa.it; francesco.sica@unitn.it; te@esf.edu*

## Abstract

The market value of urban property depends not only on its specific characteristics, but also on macro-economic variables such as socio-demographic, productive, infrastructural, and environmental quality and associated ecosystem services. The links between urban property real estate values and ecosystem services, particularly those generated by urban forests, are not yet sufficiently investigated and hence are the focus of this research. The study site is the City of Syracuse, New York, USA, with well characterized urban forest ecosystem services and property values. The paper correlates real estate values and parameters of economic condition (per-capita income), ecosystem services (carbon sequestration), and urban forestry system (tree canopy area). The median home value correlation with both per capita income has an  $R^2 = 0.8748$  and with carbon sequestration it has an  $R^2 = 0.7757$ . The data are obtained in the online i-Tree Landscape tool. Geographic information systems analysis is used to create maps that support analysis of the correlation levels between the involved variables.

KEY WORDS: *Real Estate Value, Ecosystem Services, Correlation Analysis, Geographic Information Systems.*

## 1. Introduzione e Obiettivo del Lavoro

I valori di mercato dei fabbricati a prevalente destinazione residenziale dipendono da variabili sia intrinseche che estrinseche. Le prime sono strettamente connesse alle specifiche caratteristiche dell'unità immobiliare.

Le seconde vanno riferite al contesto territoriale in cui l'immobile è situato. Tra le principali variabili estrinseche che condizionano il valore di mercato dei fabbricati rientrano la qualità urbana (stato di manutenzione di strade, edifici, piazze), il verde urbano (parchi e giardini pubblici), il contesto socio-demografico, la prossimità al centro cit-

tadino, la valenza storico-culturale dell'area, il livello d'inquinanti in atmosfera [1 - 3].

Molteplici sono gli studi in letteratura che trattano del rapporto tra *Median Value Home* (MVH) e fattori esogeni. In molti di questi è messa in evidenza la correlazione esistente tra MVH, reddito pro-capite degli abitanti del territorio e densità di popolazione [4, 5]. In alcuni, invece, la dipendenza tra MVH e distanza dell'immobile sia da parchi urbani, sia da ecosistemi marini (laghi, fiumi) [6 - 9], sia da servizi per la mobilità [10 - 12]. Pochi risultano gli esempi dove è approfondito il rapporto tra MVH e verde urbano o qualità dell'aria [13].

\*Il documento nella sua interezza è frutto del lavoro congiunto dei tre autori.

Per quanto concerne il legame tra MVH e vegetazione, è noto che gli elementi naturali, tra cui alberi aggregati in foreste urbane, generano effetti plurimi nelle città, cioè servizi eco-sistemici [14].

Secondo la classificazione fornita dalla Millennium Ecosystem Assessment (MEA) sui tipi di servizi eco-sistemici, i benefici prodotti dalle foreste urbane sono di tipo ambientale, economico e sociale [15]. In diversi studi è discussa l'esistenza di un legame funzionale tra superficie coperta da alberi (*Canopy Cover*), servizi ecosistemici e caratteristiche socio-economiche del contesto urbano di riferimento. Taluni conducono analisi di correlazione tra variabili per individuare la dipendenza logico-funzionale esistente [16 - 20].

Scopo del lavoro è indagare i livelli di correlazione a scala urbana che il *Median Value Home* ha rispetto a: reddito pro-capite (*Per Capita Income*); *Canopy Cover*, servizi ecosistemici. Tra i servizi ecosistemici è considerato il sequestro di carbonio (*Carbon Sequestration*), che misura la qualità ambientale di un territorio per effetto delle alberature esistenti. L'analisi si focalizza sulla città di Syracuse nello Stato di New York (USA).

## 2. Materiali e Metodi

### 2.1. Area di Studio

Situata centralmente nello Stato di New York (USA), la Metropolitan Statistical Area (MSA) di Syracuse è di circa 3.083 miglia quadrate e si compone di quattro contee: Cayuga, Madison, Onondaga e Oswego.

La città di Syracuse, capoluogo della contea di Onondaga, presenta una superficie di 66,30 Km<sup>2</sup> ed ospita all'incirca 145 mila abitanti. Secondo il U.S. Census Bureau (2017), la città di studio si compone di 133 Census Block di estensione media di 0,49 Km<sup>2</sup>.

Tra il 2011 e 2017 si registra un incremento del reddito medio familiare, che si attesta a \$32.704 nel 2016 [21]. Per quanto concerne la componente ambientale-forestale che connota la cittadina di Syracuse, la percentuale di superficie coperta da alberi equivale in media al 33,34% dell'intero ambito territoriale. Da uno studio di Nowak e O'Connor (2001), è noto che la città contiene circa 890.000 alberi e le specie arboree maggiormente presenti sono: l'acero da zucchero (14,2% della popolazione arborea complessiva), le arborvitae (9,8%), l'olivello spinoso europeo (6,8%), il "pugile" (6,3%) e l'acero di Norvegia (6,1%).

In funzione delle specie naturali esistenti e delle dimensioni dell'albero, nel 2017 si registra un assorbimento netto annuo di carbonio pari a 3.870 tonnellate. Il valore monetario corrispondente equivale a 3 milioni di dollari per lo stoccaggio e 71.500 dollari all'anno per l'assorbimento della CO<sub>2</sub> dall'atmosfera. Oltre all'abbattimento

di carbonio, la popolazione arborea esistente rimuove all'anno circa 169 tonnellate di altri inquinanti (PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>) per un equivalente di \$850.000 [22].

### 2.2. Data Collection e Rappresentazioni cartografiche

Al fine di indagare le correlazioni tra *Median Value Home* (MVH) e fattori indicativi dello status sia socio-economico che ambientale del territorio, è costruito il dataset con i valori delle variabili considerate: MVH, *Per capita Income*, *Canopy Cover*, *Carbon Sequestration*. I dati sono riferiti ai Census Blocks ricadenti entro i confini amministrativi della città di Syracuse (NY).

I valori delle variabili sono tratti dal software *i-Tree Landscape* che restituisce informazioni su densità arborea, tipi di uso del suolo e informazioni demografiche delle zone censuarie su suolo statunitense [23]. I dati sulla *Canopy Cover* sono tratti direttamente da 2011 National Land Cover Data (NLCD), mentre i *Per capita income* e MVH da U.S. Census Bureau data.

Uno stralcio dal dataset riferito alla città di Syracuse è in Tabella (vedi Tab. 1). Per ciascuna variabile è costruita una mappa tematica rappresentativa dei valori numerici corrispondenti (vedi Figg. 1 e 2). Ciò attraverso *Geographical Information Systems* (GIS). La realizzazione di tali mappe tematiche consente un primo confronto tra valori, utile ad evidenziare i livelli di correlazione.

La comparazione tra le due mappe di Figura (vedi Fig. 1) evidenzia una marcata correlazione tra le variabili *Median Value Home* e *Per capita Income*, soprattutto nelle zone censuarie prossime alla sede dell'Università.

Inoltre, è possibile notare anche un debole, quasi assente, legame funzionale tra le variabili nei *Census Blocks* disposti lungo i confini amministrativi della città.

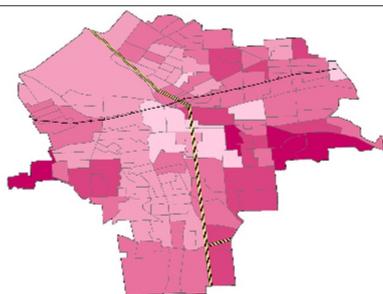
Dal raffronto tra le carte di Figura (vedi Fig. 2) è poi chiara la forte corrispondenza tra i valori della *Canopy Cover* e quelli della *Carbon Sequestration*. Il che evidenzia l'attesa correlazione tra copertura arborea e benefici ambientali. Più articolata risulta la comparazione dei risultati cartografici esposti in Figura (vedi Fig. 1) con quelli di Figura (vedi Fig. 2), ossia il confronto tra le variabili socio-economiche (*Median Value Home* e *Per Capita Income*) e i fattori ambientali-forestali del territorio urbano, sinteticamente rappresentati da *Canopy Cover* e *Carbon Sequestration*.

Tale analisi è condotta secondo l'approccio statistico della correlazione lineare tra variabili. La metodologia implementata è descritta al paragrafo 2.3 e le relative elaborazioni numeriche e grafiche sono al paragrafo 3.

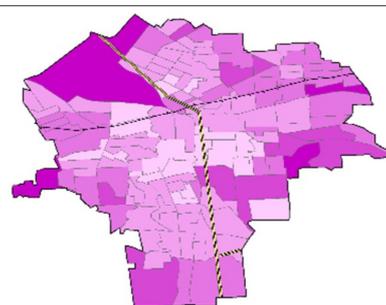
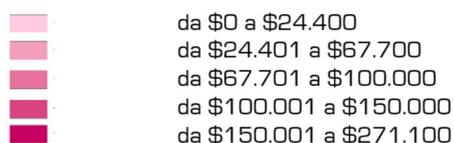
## Ambiente, Energia, Paesaggio

Census Block	Area [Km <sup>2</sup> ]	Canopy Cover [m <sup>2</sup> ]	Canopy Cover [%]	Per capita Income [\$]	Median Value Home [\$]	Carbon Sequestration [t/anno]
1	6,13	718.722	15	48.011	58.200	111
2	0,36	179.275	50	30.000	168.400	23
3	0,44	219.744	50	6.785	0.000	12
4	0,21	114.526	53	34.595	106.800	11
5	0,33	156.613	47	25.521	96.700	8
6	0,80	415.207	52	38.160	271.100	86
7	0,68	348.029	51	30.424	114.100	37
8	0,50	282.470	57	39.384	162.700	32
9	0,76	226.219	56	46.868	162.500	36
10	0,43	85.793	20	11.603	75.000	11
11	0,67	161.065	24	20.667	83.100	18
12	0,26	43.301	17	38.064	84.800	4
13	0,31	79.318	25	16.883	84.600	10
14	0,32	42.492	13	17.068	84.700	3
15	0,27	46.943	17	19.308	94.500	4
16	0,48	180.894	38	10.549	55.800	10
17	0,76	123.429	16	5.270	9.999	6
...	...	...	...	...	...	...
117	0,35	110.883	31	13.721	48.900	11
118	0,18	76.485	42	6.773	48.000	3
119	0,26	105.218	41	13.543	59.600	8
120	0,28	163.088	58	24.465	138.900	18
121	0,20	102.385	50	9.793	124.000	12
122	0,13	31.565	25	10.894	65.000	0
123	0,36	35.612	10	6.416	45.000	2
124	0,22	29.137	13	8.108	0.000	2
125	0,19	25.090	31	4.810	0.000	2
126	0,79	337.508	43	17.461	60.600	43
127	0,76	123.429	16	5.270	9.999	6
128	0,93	272.353	57	20.966	80.200	21
129	0,19	37.231	19	18.300	79.500	1
130	0,86	116.954	14	10.941	116.400	10
131	0,56	168.754	30	23.289	75.600	13
132	0,75	224.196	65	20.825	71.500	14
133	0,50	129.094	26	12.947	46.400	8

Tab. 1 - Stralcio dai dati per la città di Syracuse (USA).  
(fonte: propria elaborazione)



Legenda  
Median Value  
Home [\$]



Legenda  
Per-Capita  
Income [\$]

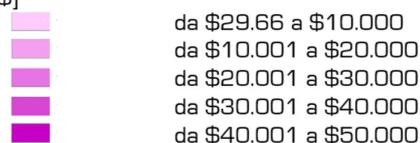


Fig. 1 - Distribuzione spaziale di Median Value Home and Per-Capita Income a Syracuse (NY).  
(fonte: propria elaborazione)

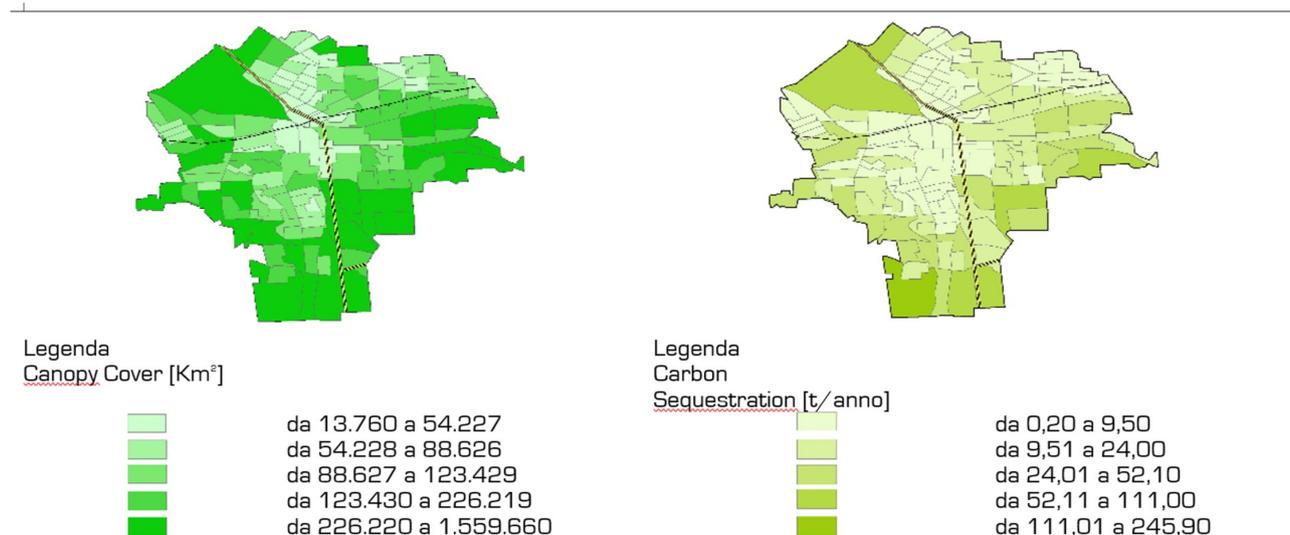


Fig. 2 - Distribuzione spaziale di Canopy Cover e Carbon Sequestration a Syracuse (NY).  
(fonte: propria elaborazione)

### 2.3. Data Processing Method per Variables Correlation Analysis

Il legame funzionale tra variabili si esprime ricorrendo principalmente a due metodi statistici: il metodo della regressione lineare e quello della correlazione.

Il metodo di regressione lineare è volto alla definizione della migliore relazione lineare tra le variabili d'interesse, mentre quello di correlazione valuta il livello di associazione corrispondente. In entrambi, l'associazione può interessare gruppi di due o più variabili. Nel caso di sole due variabili, si implementa l'analisi monotona basata sulla costruzione di una funzione lineare (crescente o decrescente) tra parametri. Quando, invece, il numero è maggiore di due, si ricorre all'analisi multivariata, dove la dipendenza tra variabili è stimata in funzione della variazione simultanea di due o più fattori casuali [24].

Con riguardo alla regressione lineare, sussistono due tipi principali di tecniche di regressione lineare: parametrica e non. I metodi parametrici includono la regressione lineare ordinaria (o dei minimi quadrati) e la regressione lineare di *Deming*. I metodi non parametrici includono, ad esempio, la regressione lineare di *Passing Bablok* (PBR) [25]. Nello studio è condotta un'analisi di regressione lineare monotona tra variabili.

Al fine di misurare il livello di correlazione tra *Median Value Home* e ciascuno degli altri parametri considerati, è stimato il coefficiente di regressione lineare  $R^2$ . Com'è noto, valori di  $R^2$  prossimi all'unità denotano un forte legame funzionale, mentre valori di  $R^2$  vicini allo zero esprimono uno stato d'indipendenza. I risultati delle elaborazioni sono al paragrafo che segue.

### 3. Stima dei Livelli di Correlazione tra Variabili

Le correlazioni già qualitativamente evidenziate sono adesso valutate in termini quantitativi. La misura dei livelli di correlazione è effettuata analizzando zone censuarie con lo stesso livello di dotazione infrastrutturale e medesimo bioma. Nello specifico, sotto il profilo naturalistico sono trascurate sia le zone censuarie con ecosistemi marini (Green Lakes, Onondaga Lake, Onondaga Creek), sia quelle dotate di vaste superfici verdi, come, ad esempio, i campi da golf del Bellevue Country Club e quelli del Tecumseh Golf Club. Rispetto alla dotazione infrastrutturale, invece, sono esclusi sia i Census Blocks dotati di edifici scolastici di quartiere (strutture della Syracuse University, impianti sportivi tra i quali il Lampe Athletics Complex e il Thomas J Niland Sports Complex, centri per la socialità e la cultura come il Museum of Science & Technology e/o il Syracuse Center for Peace and Social Justice, ospedali come il Syracuse VA Medical Center, giardini di quartiere, centri commerciali come il Marshall Square Mall); sia quelli attraversati dalle autostrade I-81 e I-690, e da percorsi ferroviari che passano per la Railway Station di Syracuse.

Tutti questi *Census Blocks* configurano superfici con forti specificità, dunque non in grado di registrare le relazioni funzionali che *Per-capita Income*, *Canopy Cover* e *Carbon Sequestration* producono sui *Medium Value Homes*.

Le Figure (Vedi Figg. 3, 4 e 5) illustrano la correlazione lineare monotona tra *Medium Value Homes* e rispettivamente *Per-capita Income*, *Canopy Cover* e *Carbon Sequestration*. Per ciascuna coppia di variabili è stimato il coefficiente  $R^2$  ed è determinata la funzione lineare corrispondente. Si rileva una forte correlazione tra *Median Value Home* e *Per-capita Income*, come dimostrato dall'elevata misura di  $R^2$  pari a 0,8748. Stessa decisa correlazione tra *Median Value Home* e *Carbon Sequestration*, con

R<sup>2</sup> di 0,7797. Pur evidente il legame tra *Median Value Home* e *Canopy Cover*, seppure con un valore meno alto di R<sup>2</sup>, uguale a 0,6197.

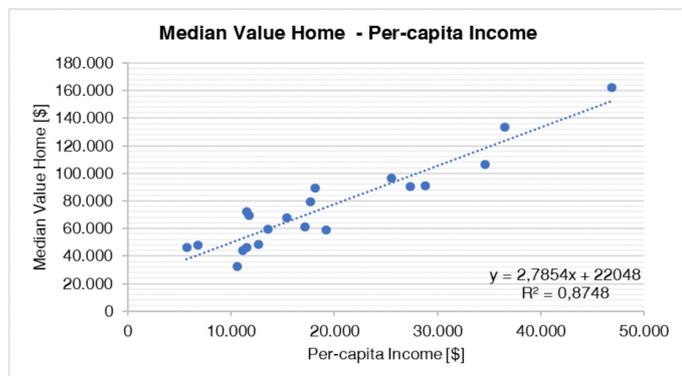


Fig. 3 - Correlazione tra Median Value Home e Per Capita Income. (fonte: propria elaborazione)

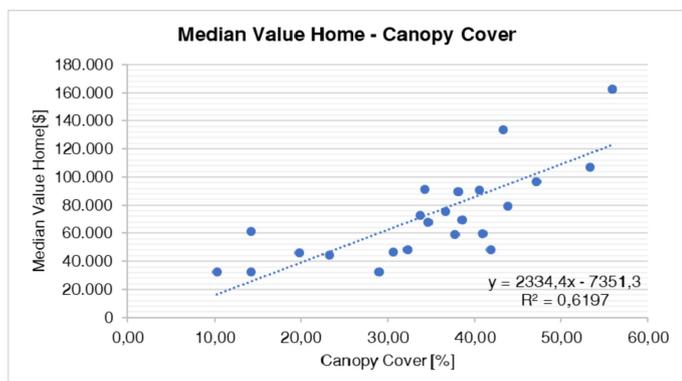


Fig. 4 - Correlazione tra Correlazione tra Median Value Home e Canopy Cover. (fonte: propria elaborazione)

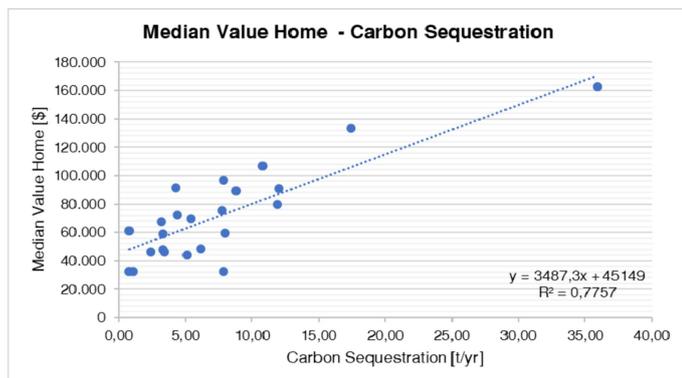


Fig. 5 - Correlazione tra Median Value Home e Carbon Sequestration. (fonte: propria elaborazione)

## 4. Conclusioni

La stima della relazione funzionale tra valori immobiliari, parametri socio-economici e servizi eco-sistemici di un territorio impone la preliminare selezione delle variabili di studio: *Median Value Home*, *Per-Capita Income*, *Canopy Cover* e *Carbon Sequestration*. L'uso di *Geographic Information Systems* (GIS) e l'implementazione di metodologie statistiche permette da un lato la costruzione di mappe tematiche, dall'altro di misurare i livelli di correlazione spaziale tra le variabili.

Lo studio, sviluppato per la città di Syracuse nello Stato di New York (USA), dimostra che i *Median Value Homes* risentono del reddito pro-capite, nonché della copertura arborea e della qualità ambientale dell'ambito urbano. L'implementazione dell'analisi di regressione fornisce alti valori di R<sup>2</sup>. Ciò nel confronto dei *Median Value Homes* sia con il *Per-Capita Income* (R<sup>2</sup>=0,8748), sia con la *Carbon Sequestration* (R<sup>2</sup>=0,7757) nelle zone censuarie di indagine. Tali risultati dimostrano che i valori immobiliari dipendono anche dai servizi ecosistemici che le foreste urbane generano.

Prospettive di ricerca riguardano la generalizzazione dei risultati conseguiti per Syracuse, nonché la caratterizzazione di una funzione multivariata in grado di spiegare i meccanismi di formazione dei valori immobiliari urbani.

## Bibliografia

- [1] Bateman I. J., Day B., Lake I., Lovett A. A.: *The effect of road traffic on residential property values: A literature review and hedonic pricing study*. Edinburgh. Scottish Office and the Stationary Office, 2001
- [2] Benson E. D., Hansen J. L., Schwartz A. L., Jr. Smersh G.T.: *Pricing residential amenities: The value of a view*. In: The Journal of Real Estate Finance and Economics, n. 16, pp. 55 - 73, 1998
- [3] Bolitzer B., Netusil N.R.: *The impact of open spaces on property values in Portland, Oregon*. In: Journal of Environmental Management, n. 59, pp. 185 - 193, 2000
- [4] Bencardino M., Granata M. F., Nesticò A., Salvati L.: *Urban Growth and Real Estate Income. A Comparison of Analytical Models*. In: Gervasi O., et al. (eds.), ICCSA 2016, LNCS, Springer International Publishing, Switzerland, n. 9788, pp. 151 - 166, 2016
- [5] Bencardino M., Nesticò A.: *Urban Sprawl, Labor Incomes and Real Estate Values*. In: Gervasi O., et al. (eds.): ICCSA 2017, LNCS, Springer International Publishing, n. 10405, pp. 17 - 30, 2017
- [6] Tajima K.: *New estimates of the demand for urban green space: Implications for valuing the environmental benefits of Boston's big dig project*. In: Journal of Urban Affairs, n. 25(5), pp. 641 - 655, 2003
- [7] Troy A., Grove J. M.: *Property values, parks, and crime: A hedonic analysis in Baltimore*. In: Landscape and Urban Planning, n. 87, pp. 233 - 245, 2008
- [8] Poudyal N.C., Hodges D.G., Merrett C.D.: *A hedonic analysis of the demand for and benefits of urban recreation parks*. In: Land Use Policy, n. 26, pp. 975 - 983, 2009
- [9] Wu J. J., Adams R. M., Plantinga A. J.: *Amenities in an urban equilibrium model: Residential development in Portland, Oregon*. In: Land Economics, n. 80(1), pp. 19 - 32, 2004
- [10] Debrezion G., Pels E., Rietveld P.: *The impact of railway stations on*

- residential and commercial property value: A meta-analysis*. In: The Journal of Real Estate Finance and Economics, n. 35, pp. 161 - 180, 2007
- [11] Schaerer C., Baranzini B., Ramirez J. V., Thalmann P.: *Using the hedonic approach to value natural land uses in an urban area: An application to Geneva and Zurich*. In: *Économie publique/Public Economics*, n. 20, pp. 147 - 167, 2007
- [12] Jim C. Y., Chen W. Y.: *Value of scenic views: Hedonic assessment of private housing in Hong Kong*. In: *Landscape and Urban Planning*, n. 91, pp. 226 - 234, 2009
- [13] Nichol J., Wong M. S.: *Modeling urban environmental quality in a tropical city*. In: *Landscape and Urban Planning*, n. 73(1), pp. 49 - 58, 2005
- [14] Fan C., Johnston M., Darling L., Scott L., Liao F. H.: *Land use and socio-economic determinants of urban forest structure and diversity*. In: *Landscape and urban planning*, n. 181, pp. 10 - 21, 2019
- [15] Millennium Ecosystem Assessment: *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington DC (USA). Island Press , 2005
- [16] Grove J. M., Troy A.R., O'Neil-Dunne J. P. M., Burch, W. R., Cadenasso, M. L., Pickett, S. T. A.: *Characterization of households and its implications for the vegetation of urban ecosystems*. In: *Ecosystems*, n. 9(4), pp. 578 - 597, 2006
- [17] Heynen N. C., Lindsey G.: *Correlates of urban forest canopy cover: implications for local public works*. In: *Public Works Management & Policy*, n. 8(1), pp. 33 - 47, 2003
- [18] Landry S. M., Chakraborty J.: *Street trees and equity: Evaluating the spatial distribution of an urban amenity*. In: *Environment and Planning A*, n. 41(11), pp. 2651 - 2670, 2009
- [19] Guarini M. R., Morano P., Sica F.: *Eco-system Services and Integrated Urban Planning. A Multicriteria Assessment Framework for Ecosystem Urban Forestry Projects*. In: Mondini G., et al. (eds.): *Values and Functions for Future Cities*, Springer , pp. 201 - 216, 2020
- [20] Nesticò A., Guarini M. R., Morano P., Sica F.: *An economic analysis algorithm for urban forestry projects*. In: *Sustainability*, n. 11(2), p. 314, 2019
- [21] Census. Maggiori informazioni su: [www.census.gov](http://www.census.gov)
- [22] Nowak D. J., O'Connor P. R.: *Syracuse urban forest master plan: guiding the city's forest resource into the 21st century (Gen. Tech. Rep. NE-287)*. Newtown Square (USA). US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station . 50, 2001
- [23] i-Tree Landscape. Maggiori informazioni su: [www.landscape.itreetools.org](http://www.landscape.itreetools.org)
- [24] Black W., Barry J. B.: *Multivariate data analysis: Its approach, evolution, and impact*. In: Babin B., Sarstedt M. (eds.): *The Great Facilitator*. Springer, pp. 121 - 130, 2019
- [25] Gunst R. F., Mason R. L.: *Regression analysis and its application. A Data-Oriented Approach*. UK. CRC Press, 2018

