

The value of urban parks in the city of Turin: an application of the Geographically Weighted Regression

Original

The value of urban parks in the city of Turin: an application of the Geographically Weighted Regression / Bottero, M.; Bragolusi, P.; Bravi, M.; D'Alpaos, C.; Dell'Anna, F.. - In: VALORI E VALUTAZIONI. - ISSN 2036-2404. - STAMPA. - 2023:34(2023), pp. 71-87. [10.48264/vvsiev-20233406]

Availability:

This version is available at: 11583/2996889 since: 2025-01-23T15:51:45Z

Publisher:

DEI

Published

DOI:10.48264/vvsiev-20233406

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

The value of urban parks in the city of Turin: an application of the Geographically Weighted Regression

Marta Bottero*, Paolo Bragolusi**,
Marina Bravi***, Chiara D'Alpaos*****,
Federico Dell'Anna*****

Key words: Spatial Hedonic Pricing,
Total Economic Value (TEV), real estate prices,
urban green areas,
Geographically Weighted Regression (GWR)

Abstract

Urban green areas provide a wealth of benefits that range from maintenance of natural ecological processes to air and water management, to ameliorating the well-being of local population. Starting from the concept of Total Economic Value, the paper investigates the method of the Geographically Weighted Regression (GWR) to estimate the value of two urban parks in the city of Turin: Dora Park and Valentino Park. The GWR

grounds on to the Hedonic Pricing approach and permits to investigate the spatial patterns of the key variables under investigation. The results of the model show that proximity to parks influence positively real estate prices, and that it emerges a positive Willingness To Pay for environmental goods and services such as those provided by urban green areas.

1. INTRODUCTION

Urban green areas offer a variety of benefits, such as air purification, biodiversity preservation, climate regulation, water management, to name a few, which can be classified as environmental services (MEA, 2005). Of particular importance are also the social and recreational benefits offered by green areas in cities, including the promotion of a positive mental attitude, psychological effects, increase in physical activities and social interaction, which generate positive psychological effects in their users (TEEB, 2012). The results of a recent review by D'Alpaos and Andreolli (2020) identify indeed green urban areas as one of the most important determinants in citizenship's perception of a high-standard urban quality and liveability of cities.

In this context, specific evaluation tools have been developed for assessing the value of urban green spaces to be accounted for in the valuation of urban transformation and regeneration projects and support policy makers in public decision-making processes. In particular, the so-called Total Economic Value (TEV) approach is widely recognized in the literature as a cornerstone in the valuation of urban green areas and, more broadly speaking, in the valuation of environmental goods and natural resources.

The theoretical framework underpinning the TEV notion decomposes it into different value components, representing use and non-use values (Pearce and Turner, 1990; Pearce et al., 2006). In so far, stated preference methods and revealed preference methods developed by environmental economists are usually adopted to

assess TEV components (Bottero et al., 2023). Among the different TEV valuation methods, the present paper investigates the potential of the hedonic pricing method for the valuation of urban green areas (Rosen, 1974).

The Hedonic Price Model (HPM) is a valuation technique utilized to estimate the monetary value of real estate attributes based on market price transactions (Rosen, 1974; Wilhelmsson, 2000; Espey et al., 2000; Melichar and Kaprová, 2013; Wu et al., 2016; Park et al., 2017; Abbasov, 2018; Chen 2019; Xi et al., 2023). The methodology assumes that the market price of the real estate assets can be derived from their characteristics or attributes, and it can be expressed as the weighted sum of the implicit prices (also defined as “hedonic prices”) of each characteristic (Lancaster, 1966; Rosen, 1974; Wilhelmsson, 2000). Real estate characteristics can be classified in two main groups: structural characteristics (such as building typology, lot size, number of rooms, etc.) and neighbourhood characteristics that include socioeconomic characteristics, accessibility to urban amenities and the level of public services (Can, 1990). The usual econometric model consists in regressing observed real estate market price transactions against real estate attributes by implementing a multilinear regression model, in which the estimated coefficients define the implicit marginal prices related to the asset attributes considered.

Traditional HPM provides implicit marginal prices of the characteristics, which do not vary across the entire market area. Consequently, it fails when the marginal prices of a significant number of relevant characteristics vary over space (spatial heterogeneity), especially in large markets (Schnare and Struyk, 1976; Bourassa et al., 2003; Bitter et al., 2007). In reference to spatial heterogeneity, it is widely acknowledged that real estate markets are influenced by elements not uniformly distributed over space. To address this issue, specific models such as the Spatial Lag Model, the Spatial Error Model or the Spatial Autoregressive Models have been proposed in the literature to account and mitigate the negative effect of potential biases in regression estimates generated by spatial dependence and spatial heterogeneity (Anselin, 1988).

As far as urban parks are concerned, several applications of spatial hedonic models exist in the literature and demonstrate that proximity to green areas is a determinant of housing prices (Kim et al., 2019; Dell’Anna et al, 2022; Bottero et al., 2022).

In the present paper, starting from the case of the city of Turin (North-west of Italy), we propose an application of a specific spatial hedonic model called Geographically Weighted Regression (GWR) for valuing the contribution of proximity to parks to real estate prices. GWR (Brundson et al., 1996) is a geo-statistical method that represents an extension of ordinary least squares regression (OLS) that permits to address the issue of the heterogeneity in the area under

examination and admits that the relationship between the independent and dependent variables varies according to location. To the authors’ knowledge, this work represents the first application of a GWR model for the evaluation of urban parks in the city of Turin.

By emphasizing properties located within a 1 km distance from urban parks, this study seeks to determine the inherent influence of a park mere presence on housing values. Such an approach highlights the unique contribution of each park to its immediate urban environment. In scenarios where urban planning resources are constrained, discerning whether a park markedly affects housing prices can offer valuable critical insights and contribute to informing decisions about resource allocation for parks enhancement and upkeep, or relative to the introduction of new green spaces in a city’s urban texture. In this respect, the GWR served as a vital tool for unveiling nuanced, local-specific influences and providing a deeper understanding of park-related effects in different city areas.

The remainder of the paper is organized as follows: section 2 describes the urban parks under investigation; section 3 presents the methodological background of GWR; section 4 illustrates the data used as model inputs; section 5 provides the model estimates and discusses the main findings; finally, section 6 summarizes the main conclusions of the works and proposes further developments for future research.

2. MATERIALS

As previously mentioned, our research focal point is the city of Turin. This choice was made essentially because Turin is one of the greenest city in Italy and its greening process has a long-standing history.

Data from the 2021 green infrastructure master plan (‘Piano Strategico dell’Infrastruttura Verde’) of the city of Turin reveal that 37% of the area involved in the master plan (i.e., 48 km² out of 130 km²) is dedicated to green spaces. This percentage results into the remarkable quota of 55.43 m² of green space per resident.

This city is endowed with 18.2 square kilometres of public green space, offering an average of almost 20 square metres of lush greenery per inhabitant. This figure exceeds the European average of 18.2 square metres per inhabitant and more than doubles the World Health Organisation’s recommended minimum of 9 square metres. The expansion of urban green spaces has been particularly remarkable in the last three decades.

Globally, Turin boasts 517 recreational green areas, which overall span 11,095,526 square meters and represent 34% of all public and private green spaces, thus covering 8.5% of the city area (Municipality of Turin, 2021).

The value of urban parks in the city of Turin: an application of the Geographically Weighted Regression

The beginning of the greening process of the city began in 1559, when the capital of the Duchy of Savoy was transferred to Turin. Subsequently, the Savoy family expanded the boundaries of the city and began to build suburban villas surrounded by gardens full of plants, such as the Valentino Park. The process continued through the 19th century and led to the construction of tree-lined avenues that connected the various parts of the city. It is worth mentioning, though, that over the last twenty years, the city of Turin has undergone an urban regeneration process that has led, in turn, to the construction of new green infrastructures in addition to historic parks. This process testifies the growing awareness of policy makers and urban planners of the recreational and environmental value of urban green areas and their potential in improving urban quality and

citizens' wellbeing.

Figure 1 displays the mapping of public green areas in the city of Turin, including recreational areas, cultivated areas, and forested areas.

As the aim of this paper is to investigate whether and to which extent the presence of a park may increase the marginal price of some dwelling attributes by implementing a GWR model. The dwellings under investigation are located at a 1-km maximum Euclidean distance from a park, as we assumed that the market price of properties located farther are no longer affected by the proximity to the park. We consider a property sited one kilometre from a park be at an easy walking distance to the park, which, consequently, permits residents to enjoy readily and get the benefits provided by the park (Stessens et al., 2017).

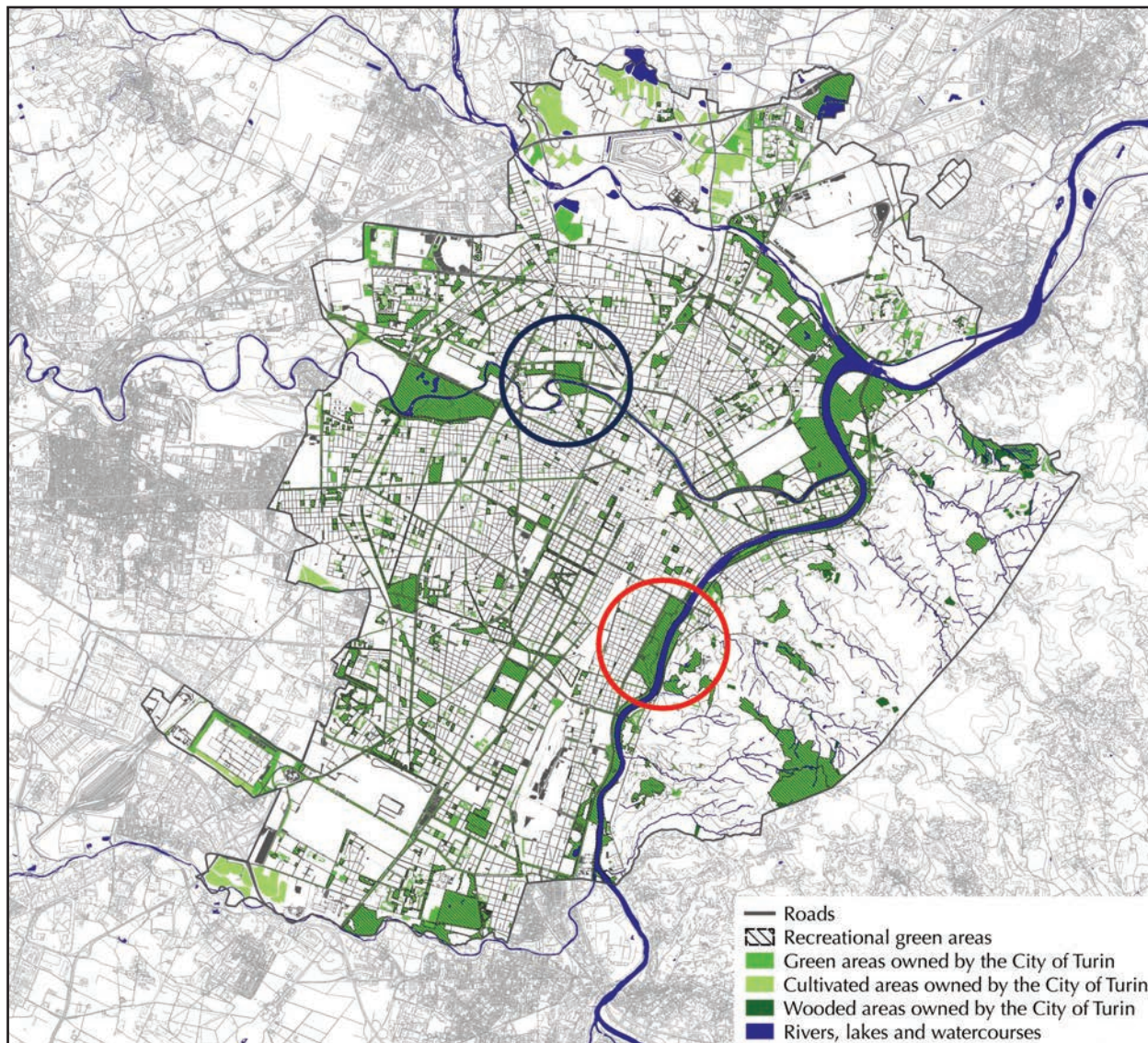


Figure 1 - Map of the public green areas in the city of Turin and specifically of Dora Park (in blue) and Valentino Park (in red) [Municipality of Turin, 2021].

We focus our analysis on housing sited around two different parks in Turin. In detail, we consider Valentino Park (Parco del Valentino) and Dora Park (Parco Dora). These parks are in two urban contexts, which differ in social and morphological characteristics.

Valentino Park is the best-known park in Turin and is located in the southeast of the city (Figure 2). This Park is in a strategic and favourable position due to two main reasons: first it is near the city centre, one kilometre away from 'Torino Porta Nuova', the principal railway station in the city and, second, its eastern border extends along the left bank of the Po River overlooking the hill area, one of wealthiest neighbourhoods in town. The origins of Valentino Park date back to a very remote period: the toponym 'Valentino' had been in use for the area since the Middle Ages, and, from the seventeenth century, it has indicated the Valentino Castle ('Castello del Valentino') and the surrounding area. The public opening of the park took place in the second half of the 19th century, when a new urban phase of the city started. This phase distinguished for a strong growth of the city population, a significant expansion of the local construction industry, and an emerging need for green areas for recreational purposes. Barillet-Deschamps was indeed inspired by the principles of the landscape park when designing the park's system of avenues, groves, artificial valleys, and the riding track. Even before its completion, the park became the setting for major

national and international exhibitions held from 1829 to 1961. In addition to Valentino Castle, UNESCO World Heritage site and headquarters of the School of Architecture of the Politecnico of Turin, there are many points of cultural interest within the park: the Medieval Village, the 'Giardino Roccioso', the Botanical Garden of the University of Turin, the Fontana dei Mesi, the Fontana Luminosa, the 'Palazzina della Promotrice delle Belle Arti', 'Torino Esposizioni', and various rowing companies. The park provides nice walking paths and opportunities for sport and recreation, and it can be reached via public and private transport, thanks to the numerous parking lots sited in the park. Valentino Park is also accessible to bicycles and offers to riders the choice among several cycle paths that extend for its entire area. From an ecosystem perspective, Valentino Park encompasses a rich tree heritage and an attractive bird life. At the west border, it is surrounded by the historic district of San Salvario. This neighbourhood, intended as a residential area for the Turin bourgeoisie, was developed around the mid-19th century. Nonetheless, in the 1900s, the neighbourhood appearance began to change because of the industry expansion and the rise of FIAT, which attracted an ever-growing population and generated a sharp increase in housing demand. Around the 60s and 70s, San Salvario district underwent a rapid expansion following the economic boom that led to an immigration wave

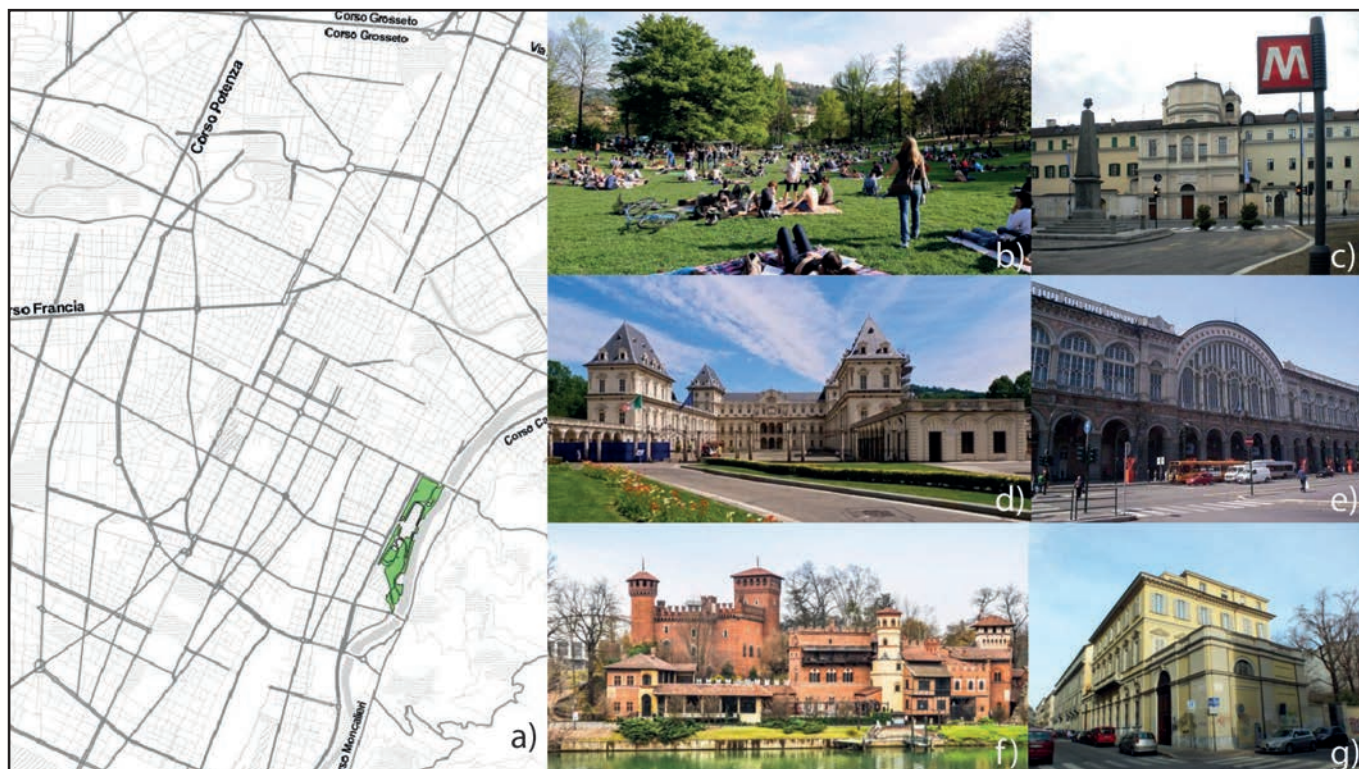


Figure 2 - Location on map of Valentino Park (a), park plain (b), San Salvario Church (c), Valentino Castle (d), Porta Nuova Railway Station (e), Medieval Village (f), Historical buildings (g).

The value of urban parks in the city of Turin: an application of the Geographically Weighted Regression

especially from Southern Italy. In contrast to demand of existing prestigious housing, demand of new, less costly buildings grew significantly. The neighbourhood was strongly affected by these migratory phenomena, which resulted in a heterogeneous building stock in terms of construction period. The most widespread building typology is that of a multi-story building, as in the rest of the city. San Salvario is well-served by public transport and the only metro line in town runs west of the area.

Contrary to Valentino Park, Dora Park is a post-industrial park built at the beginning of the 2000s as per the urban regeneration process that involved the city in recent years (Figure 3). Dora Park extends for about 430,000 m², straddling the two banks of the Dora River. Until the 90s, the area hosted the production plants of FIAT and Michelin, which starting from the 90s moved to suburban areas. Consequently, industry shut down and the area was re-converted. The Dora Park project is part of a complex transformation plan of the city, namely the Urban Redevelopment Program, which involved the Spina 3 area. Government funds and the formal commitment of the City Council to the construction of strategic public infrastructures favoured the reconversion of the above zone. In 2003, the Municipality awarded via an international call the design of the park to a multidisciplinary group specialized in the regeneration of post-industrial

districts jointly with the landscape architect Peter Latz. In 2007, the park construction was listed among the celebratory works for the 150th anniversary of the Unification of Italy. Thus, co-financing investments for almost 70 million euros, the Italian Government and the Municipality of Turin made it possible to undertake the project construction in several stages. The park designers shed light on the industrial past vocation of the area. Natural elements, such as trees, bushes, leisure areas and side-by-side events, are fit into a systematic whole between pillars, concrete blast furnace towers and metal stair. The municipality built a large covered area (300 metres long and 45 metres wide) surrounded by 30-metre high steel pillars in the Vitali area. Several artists participated in the regeneration of the neighbourhood. Dora Park extends into three districts: north to Madonna di Campagna, east to Borgo Vittoria, and south to San Donato. The building stock around the park is diversified, and it mainly consists of buildings built primarily between the 50s and 80s. In accordance with the master plan of the city, along the stretch of Spina 3, large new buildings were designed by internationally known architecture firms in the immediate proximity of the new park. Adjacent to Dora Park lies a significant hub of innovation and research known as the Environment Park, a scientific park serving as a focal point for environmental technology advancements and



Figure 3 - Location on map of Dora Park (a), aerial view of the park (b), Environment Park (c), Santo Volto Church (d), Vitali area (e), and two residential tower buildings (f).

sustainable initiatives in the region. Furthermore, the Santo Volto church, an architectural masterpiece by the celebrated Swiss architect Mario Botta, is sited close to the park. The San Volto church, with its distinctive design, seamlessly blends modern architectural aesthetics with spiritual sanctity, making it a prominent landmark in the area. The ensemble of Environment Park, San Volto church, and Dora Park enrich the tapestry of cultural, technological, and architectural facets of Turin.

3. METHODOLOGICAL BACKGROUND

Spatial heterogeneity of marginal prices is due to several factors. The real estate market is a segmented and characterized by a set of sub-markets defined based on physical dwelling characteristics and the geographical area where the dwelling sites (Bourassa et al., 2003). Indeed the real estate market intrinsic segmentation deals spatial heterogeneity of prices. The market demand for some real estate characteristics may be highly inelastic due to neighbourhood factors, building typology, and scarcity. This inelasticity leads, in turn, to increasing marginal prices (Schnare and Struyk, 1976; Bitter et al., 2007). The most important characteristic that is a key for real estate market price estimation is the building's location (Can, 1990; Chinloy, 1991; Bourassa et al., 2003; Bitter et al., 2007; Rymarak and Sieminska, 2012; Theurillat, 2015; Saenko et al., 2018). Location can make real estate assets unique (Bitter et al., 2007), due some particular structural characteristics of the building and neighbourhood factors: this fact deals spatial heterogeneity of market prices. As the real estate market is characterized by spatial autocorrelation of prices, house prices are estimated on the basis of sale prices of immediate properties. In this context it has been recognized that the OLS, which is the estimator of the hedonic price regression, does not allow for autocorrelation (Payton et al., 2008). Based on the above considerations, buildings' location emerges as the most relevant factor in the valuation of an asset market price. Consequently, it should be considered as an independent variable into hedonic models. Although it is possible to use dummy variables to identify a specific sub-market and/or to perform regression analyses into specific sub-market areas, housing sub-markets are often problematic to define and investigate (Bourassa et al., 2003; Bitter et al., 2007). The Geographically Weighted Regression (GWR) is a regression technique that accounts for local variation of the implicit marginal prices related to data observation points (Brunsdon et al., 1996). Thanks to GWR it is thus possible to estimate an implicit marginal price for each specific location of data observation points, differently from traditional HPMs, which permit to estimate a unique average implicit marginal price for all data observation points (Dell'Anna et al. 2020). By

implementing this methodology, analysts can capture spatial heterogeneity effects of implicit marginal prices. Many contributions in the literature adopted GWR to analyse real estate markets and compared it with other methodologies to test its robustness. Pàez (2005) performed a simulation exercise to compare GWR and the Expansion Method (Casetti, 1972) and found that GWR permits to reproduce map patterns in a satisfactory way and, in some conditions, provided better results than the Expansion Method. The author concluded that GWR, at least in average term, is not a model that reproduces an artificial spatial variability. Farber and Yates (2006) performed an analysis on a consistent number of records (i.e., 19,007 records) of housing sales in the residential market in the entire metropolitan area of Toronto city (Canada). They utilized four different methodologies, namely GWR (local model), Moving Window Regression (MWR) model (local model), Spatial Autoregressive Regression (SAR) model (global model), and HPM (global model). In their regression, they considered nine attributes i.e. five housing/structural characteristics, two neighbourhood characteristics, and two accessibility characteristics. Their objective was to compare the four different regression approaches in terms of goodness-of-fit (by evaluating the R^2 coefficient of determination) and residual spatial autocorrelation. The authors found that GWR exhibited the highest R^2 value (equal to 91.9%), whereas HPM exhibited the lowest R^2 value (equal to 66.7%). The spatial autocorrelation analysis revealed that GWR was the model that best accounted for the spatial variation of hedonic prices as well. In addition, the findings by Farber and Yates (2006) revealed the importance of spatial heterogeneity in several housing attributes. Bitter et al. (2007) analysed the real estate market in Tucson city in Arizona (USA) by using GWR and Spatial Expansion method (SEXM). They found a complex spatial pattern of marginal prices related to housing attributes. GWR guaranteed a better representation of the spatial pattern of marginal prices compared to SEXM. The two models provided strong evidence of marginal price variations across Tucson real estate market (Bitter et al., 2007). Tang et al. (2011) utilized GWR to study the spatial pattern and structural determinants of Shanghai's residential housing prices. In particular, they investigated the effects of greening rate and age of the buildings on housing prices. The GWR performed by Tang et al. (2011) revealed a specific spatial structure (in terms of goodness of fit) underpinning market prices, and also found that GWR provided better estimates than HPM. Manganelli et al. (2014) adopted GWR to identify homogeneous real estate market areas of residential buildings in the city of Potenza (Italy). The authors provided useful implications in terms of taxation policy, planning decisions, and territorial transformations. Bujanda and Fullerton (2017) applied GWR to estimate the market price premium generated

by proximity and accessibility to transportation infrastructures in the real estate market in El Paso city (Texas, USA). A spatial heterogeneity of implicit prices emerged and in some cases its impact resulted negative (Bujanda and Fullerton, 2017). Mittal and Byahut (2017) implemented GWR to assess the market price premium of visual accessibility of scenic landscapes in detached houses in Worcester (Massachusetts, USA). Massimo et al. (2019) used GWR model to analyse the real estate market in Reggio Calabria (Calabria Region, Italy). The authors estimated the market price premium for green buildings both in terms of selling price and rental price. As to the specific focus of the present paper, it is worth mentioning that a variety of applications of GWR in the literature show a positive correlation between housing prices and green areas both in urban and in peri-urban contexts (Wu et al. 2022; Wang and Chen, 2020; Murkin et al., 2023; Wang et al. 2022; Sylla et al., 2019; Bottero et al., 2019).

From the methodological point of view, the formulation of GWR was firstly developed by Brunson et al. (1996):

$$P_i = \beta_i + \sum_{k=1}^K \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

where β_i is the constant of the model at regression point i , $\beta_k(u_i, v_i)$ is the regression coefficient of variable K at regression point i , x_{ik} is the vector of the K continuous independent variables at regression point i , ε_i is the error term of the model at regression point i and P_i is the dependent variable related to the regression point. The GWR regression coefficients are estimated as follows:

$$\beta_k(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X^{-1} X^T W(u_i, v_i) p) \quad (2)$$

where $W(u_i, v_i)$ is the spatial weights matrix, X is the transposed (T) matrix of observed attributes and p is the response variable vector. The spatial weights matrix $W(u_i, v_i)$ takes into account spatial relationships among the observation points in the dataset. In order to define the structure of the spatial weights matrix, we adopted a Gaussian function as the kernel function:

$$W(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{d_{ij}^2}{\beta^2}\right) \quad (3)$$

where d_{ij} is the Euclidian distance between the i -th regression point and the i -th observation point and β is the bandwidth parameter. To estimate the latter, the Cross Validation (CV) score algorithm was adopted

(Cleveland, 1979; Bowman, 1984; Brunson et al., 1996).

4. THE DATA

The database used in this study comprises asking prices for apartments located in multi-family buildings in the city of Turin. In the Italian context, the acquisition of housing transaction data (i.e., the final agreed-upon price of sold properties) is particularly challenging due to limited accessibility to real estate transactions. As a result, our study relies on asking prices as a viable alternative to gauge market trends and property valuations.

The full dataset has been regularly built over the years thanks to the collaboration with an online real estate agency (www.immobiliare.it). This collaboration has made it possible to build a dataset that amounts to about 15,000 real estate advertisements published between 2014 and 2018.

As previously stated, we considered only the buildings located at the maximum distance of one kilometre from the parks in question, for which we identified two sub-samples: the former consisting of 719 observations sited near Dora Park, and the latter of 721 observations sited near Valentino Park (Figure 4). The dataset provides information on eight independent variables that describe the characteristics of the dwelling (SURF, FLOOR, ELV, BOX, EL, ST, SG, YEAR), two location variables (LAT, LON), which identify the geographical position of the dwelling, and the dependent variable, i.e. the dwelling's market price (PRC). Table 1 reports a detailed description of the dependent and independent variables, respectively.

In Appendix A, the descriptive statistics of the dataset observations near Dora Park (Table A.1) and Valentino Park (Table A.2) are presented.

5. RESULTS AND DISCUSSION

The results of GWR conducted on the observations relative to Dora Park and Valentino Park are detailed in Tables 2 and 3, respectively¹. Notably, the GWR-based R^2 of the Dora Park model is equal to 0.77 (adjusted R^2 equal to 0.76), while the GWR-based R^2 of the Valentino Park model is $R^2=0.88$ (adjusted R^2 equal to 0.86). Although both models incorporate the same variables, the correlation with housing prices differ between the two parks, because of the distinctive urban characteristics of their respective surrounding areas. Specifically, the area around Valentino Park features

¹ To obtain a complete overview of the problem under investigation, the traditional model of the Ordinary Least Squared has been implemented for both the sub-samples. The results are reported in the Appendix (Table A.3 and Table A.4).



Figure 4 - Mapping of Dora Park (on the left) and Valentino Park (on the right), and of the related assets investigated in the analysis.

Table 1 - Model's variables description

Variable	Description
LAT	Dwelling's latitude
LON	Dwelling's longitude
SURF	Dwelling's ground floor area in square meters
FLOOR	Dwelling's floor
ELV	Dummy variable that indicates the presence (i.e., 1) or not (i.e., 0) of the elevator
BOX	Dummy variable that indicates the presence (i.e., 1) or not (i.e., 0) of the garage
EL	Set of dummy variables expressing the energy performance label of the dwelling (ELA, ELB, ELC, ELD, ELE, ELF, ELG) that corresponds to the building's energy performance labels A, B, C, D, E, F, and G, respectively.
ST	Set of dummy variables that indicate the state of maintenance of the dwelling, grouped into 4 levels: ST0 = to be restored, ST1 = good condition, ST2 = renovated, ST3 = new dwelling
SG	Set of dummy variables that indicate the market segment the dwelling belongs to, grouped into 4 categories: SG0 = affordable dwelling, SG1 = middle-class dwelling, SG2 = high-class dwelling, SG3 = luxurious dwelling
YEAR	Set of dummy variables that indicate the year in which the dwelling's market transaction took place, Y1=2014, Y2=2015, Y3=2016, Y4=2017, Y5=2018
PRC	Dwelling's asking price in euros [EUR]

The value of urban parks in the city of Turin: an application of the Geographically Weighted Regression

homes that are bigger in size, age, and better in quality standards compared to those near Dora Park. This uniformity potentially enhances the accuracy of the model's predictions. Such varied urban intricacies account for the disparity in the R^2 values of the two models.

As stated before, GWR permits to investigating the spatial variability of the local coefficients of predictor variables (elasticities). For example, the average of the elasticities of SURF is 2222.15 EUR in the Dora-Park sub-sample, and is 2865.39 EUR in the Valentino-Park sub-sample. Consequently, ceteris paribus, an increase by one square meter in the dwelling's ground floor determines a higher price increase in the assets close to Valentino Park compared to Dora Park, and exhibits a a

very large variability in the marginal price (i.e., standard deviation equal to 261.41 EUR). This result is in line with expectations, given the average prices of residential assets in the areas. Looking north of Valentino Park (i.e., to the central neighbourhood in Turin), it emerges a peak of the local price elasticities. The north-western area, as depicted in Figure 5 (left panel), stands out. In this area, architectural landmarks from the early 19th century dominate. Conversely, the western sector displays high marginal SURF prices, thus reflecting its diverse housing landmark, which spans from late 19th-century constructions to the 20th-century additions driven by the economic upswing of the city. South of Valentino Park, smaller marginal SURF prices emerge. Yet, close to Dora Park, SURF marginal prices vary

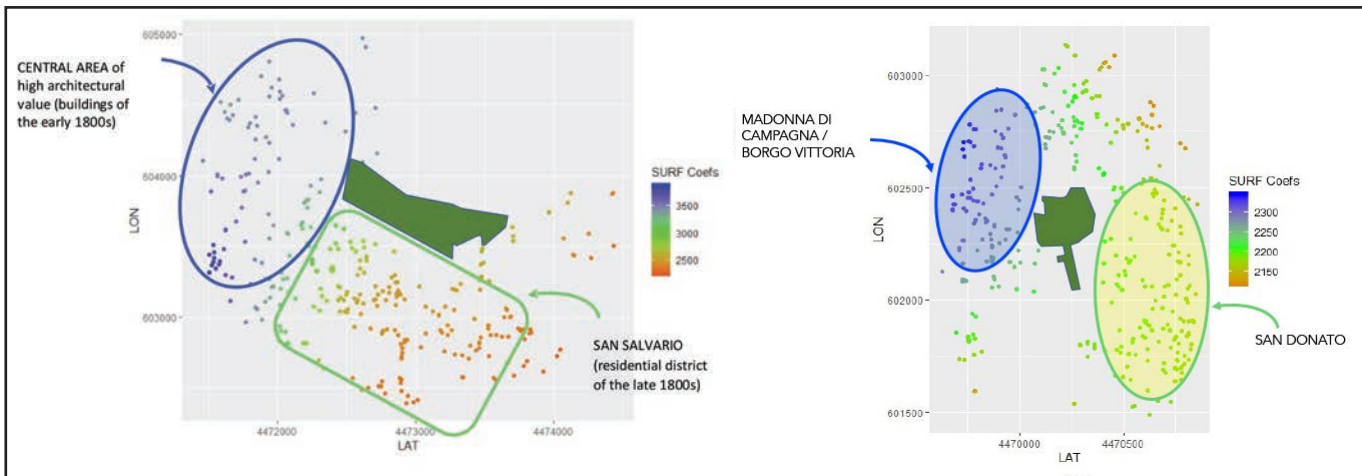


Figure 5 - Local GWR estimates for variable SURF (the left-hand side of the graph maps properties located near Valentino Park, while the right-hand side maps properties located near Dora Park).

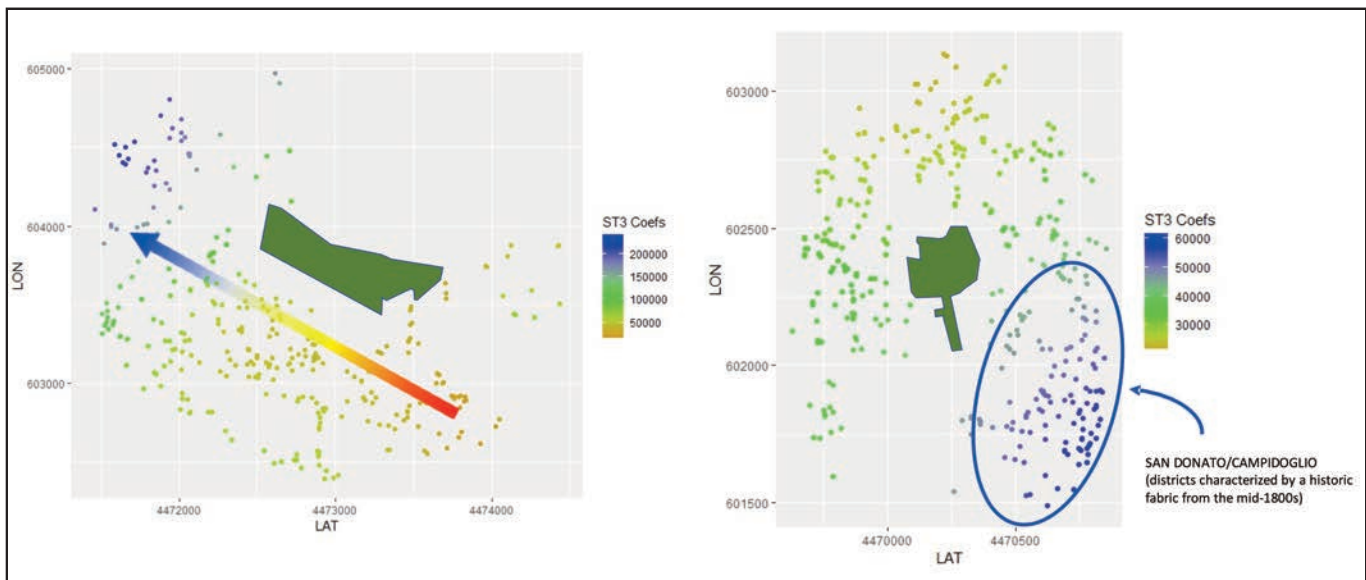


Figure 6 - Local GWR estimates for variable ST3 (the left-hand side of the graph maps properties sited next to Valentino Park, while the right-hand side maps properties sited next to Dora Park).

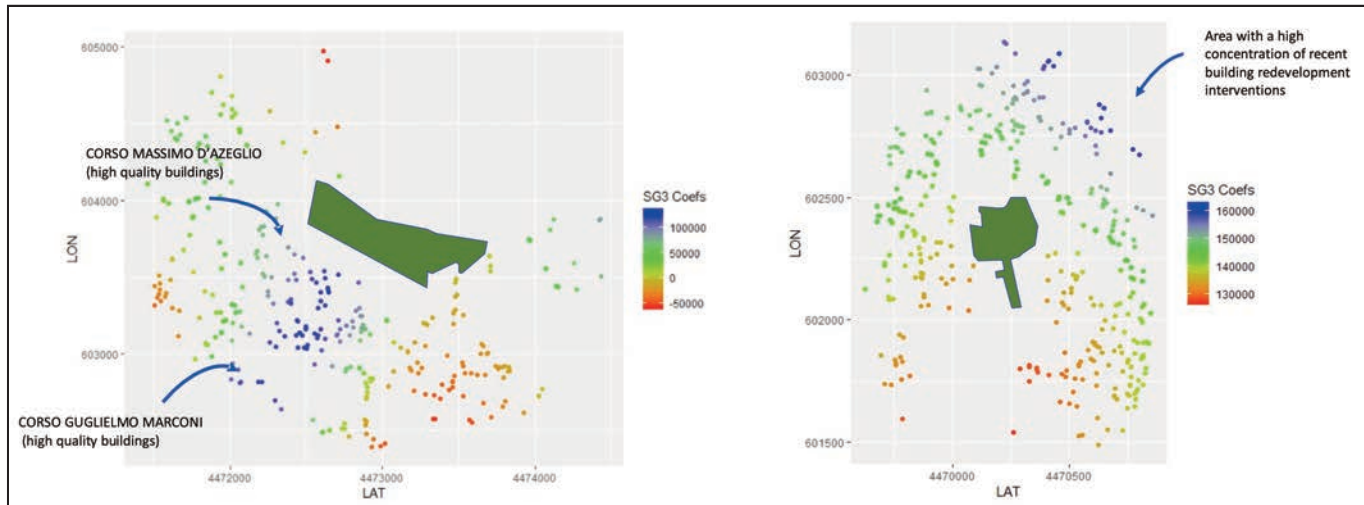


Figure 7 - Local GWR estimates for variable SG3 (the left-hand side of the graph maps properties located next to Valentino Park, while the right-hand side maps properties located next to Dora Park).

slightly (i.e. standard deviation equal to 23.87 EUR). Consequently, the model's results indicate a relatively stable coefficient distribution around Dora Park, as visualized in Figure 5 (right panel).

The mean coefficients related to ST3 are similar in both the sub-samples: 42,041 EUR for dwellings close to Dora Park, and 40,041.18 EUR for those close to Valentino Park. In relation to Dora Park, the differential impact of ST on assets' prices is more evident in the southern area of the park (Figure 6). In Campidoglio district this relationship is stronger (i.e., larger non-negative coefficients) than in other areas. This close relationship is due to the lack of recently built properties in this area, in which existing buildings were built starting in the mid-nineteenth century up to the 70s. The remaining zones surrounding the park, on the other hand, were subject, totally or partially, to new real estate developments related to the regeneration process, which Dora Park has undergone. As to Valentino Park, a higher elasticity occurred in the surrounding north-western area, mainly characterized by historic buildings, and a limited number of newly constructed buildings.

As to variable SG3 (luxurious dwelling), from the analysis it emerged that the average elasticity between the two areas under investigation is quite similar (148527.27 EUR for Dora Park vs. 153801.15 EUR for Valentino Park). Nonetheless, based on the mapping of local coefficients, interesting conclusions can be drawn. As already mentioned in Section 2, the Dora Park area underwent an extensive urban regeneration process, which resulted in a renewal of the building stock and an increase in property values. This phenomenon is particularly evident in the north-eastern area of the Park. GWR implementation made it possible to identify new residential developments around the park, such as the 'Le Isole del Parco' project by 'Isola Associati Architects', built in conjunction with the creation of

Dora Park. The project involved the construction of eight residential blocks, set on a 6-meter plate above street level. Architectural design choices and construction materials give the blocks a peculiar urban identity. As already mentioned in Section 2, the urban context, in which the Valentino Park is located, is very different. The area hosts historical buildings, with fine finishes, and is crossed by two important road axes: 'Corso Massimo d'Azeglio' and 'Corso Guglielmo Marconi'. As illustrated in Figure 7 (right panel), GWR figures of variable SG3 outline the standout character and uniqueness of the buildings sited along these roadways. 'Corso Massimo d'Azeglio' has always been one of the most elegant streets in Turin, due to its proximity to the banks of the Po River, Valentino Park, and the surrounding hills. Although, because of speculation, 'Corso Massimo d'Azeglio' has lost most of its elegant and stately nineteenth-century buildings, thanks to its privileged position, 'Corso Massimo d'Azeglio' has always been chosen for residence by Turin's upper class. By contrast 'Corso Guglielmo Marconi' is among the oldest and most fascinating avenues of 'San Salvario' district. It offers a beautiful view on the Valentino Castle, as well as it hosts prestigious, high-quality historic buildings.

5. CONCLUSIONS

In this paper, GWR is implemented to investigate the value of urban parks and green urban. In detail, we considered two of the parks in the city of Turin, namely Valentino Park and Dora Park. These parks are located in different urban areas and characterized by different features in terms of quality of the buildings and presence of infrastructures.

The results of the estimation model show that there is a proximity effect between urban parks and house prices.

The value of urban parks in the city of Turin: an application of the Geographically Weighted Regression

Table 2 - GWR estimates for Dora Park in Euros

Variable	Mean	STD	Min	Max	Range	Lower Quartile	Median	Upper Quartile
Intercept	-81757.36	5406.35	-89693.14	-72351.55	17341.59	-87542.10	-80475.28	-76907.93
SURF	2222.15	23.87	2187.69	2256.61	68.92	2198.38	2222.25	2245.74
FLOOR	210.47	213.51	-258.16	665.75	923.91	74.18	163.10	388.90
ELV	14977.19	1858.52	11590.42	17885.21	6294.79	13146.69	15530.21	16655.51
BOX	-645.52	3514.37	-6481.57	7469.80	13951.37	-3085.03	-1809.71	2174.88
ELA	68014.54	5794.20	54956.65	80185.40	25228.75	64591.64	66314.97	73196.33
ELB	29322.14	9789.60	7478.08	43876.13	36398.05	21489.24	32953.85	36935.73
ELC	17113.69	1729.03	14749.18	19599.06	4849.88	15425.81	17182.44	18832.43
ELD	4277.71	1692.90	1870.97	7941.62	6070.65	2671.10	3761.61	5728.60
ELE	4418.75	1525.28	2878.55	8288.09	5409.54	3182.02	3667.19	5579.87
ELF	-711.59	183.35	-1451.72	-348.20	1103.52	-773.32	-697.91	-569.70
ST1	1335.20	675.56	204.87	3103.41	2898.54	819.01	1202.41	1731.47
ST2	14775.67	617.20	13460.30	16388.79	2928.49	14375.09	14685.83	15190.98
ST3	42041.18	3654.60	36787.94	49903.72	13115.78	39077.37	40607.14	45292.64
SG1	1070.30	904.90	-942.63	3495.91	4438.54	316.11	1411.72	1630.20
SG2	39930.05	2435.24	34302.93	45999.47	11696.55	38014.20	40248.17	41894.63
SG3	148527.27	2591.94	142970.09	153733.18	10763.09	146210.41	149175.92	150306.51
Y2	-19302.15	6932.73	-32843.59	-11218.85	21624.75	-25990.50	-16372.19	-13137.79
Y3	-2576.66	2739.12	-8086.91	2996.42	11083.33	-4861.63	-2964.94	395.16
Y4	-27527.91	4078.18	-34540.96	-21204.10	13336.86	-31093.06	-28733.55	-23176.56
Y5	-20693.25	2670.11	-26503.24	-14415.76	12087.48	-23072.94	-20263.64	-

-2 log-likelihood: 17752.928374 Reference levels of dummy coded variables: ELG, ST0, SG0, Y1
 Classic AIC: 17814.921836
 AICc: 17817.809141
 BIC/MDL: 17956.820573
 CV: 3608525351.17
 R²: 0.775403
 Adjusted R²: 0.763217

This effect is more evident for Dora Park, which is located in a peripheral area of the city that has undergone a deep urban regeneration process in recent years. This positive effect reflects in the increasing growth trends of real estate prices in the Dora Park area, thus confirming the findings of the present research.

In addition to their well-known aesthetic and recreational functions, green areas help to mitigate pollution to different environmental matrices (air, water, soil), improve the microclimate of cities, and preserve biodiversity. However, to date, due to the public-good nature of green areas, these functions and related benefits are scarcely integrated into open space management policies and, more generally, into local

urban planning.

In the past, urban green areas were considered in planning processes through specific indicators that aim to measure the available green areas and their different types.

This information is useful for verifying the endowment of green spaces in cities and ensuring compliance with urban planning standards required by national regulations, but it is little informative about the actual significance of this 'natural capital' for urban sustainability, the benefits generated in terms of ecological balance, the socio-cultural development as well as the economic vitality and prosperity of cities.

Table 3 - GWR estimates for Valentino Park in Euros

Variable	Mean	STD	Min	Max	Range	Lower Quartile	Median	Upper Quartile
Intercept	-120217.05	38288.74	-188517.45	-65563.67	122953.78	-157416.48	109265.54	-86130.98
SURF	2865.39	261.41	2468.69	3658.26	1189.57	2642.25	2797.64	3071.51
FLOOR	166.22	5497.21	-10540.06	9441.27	19981.33	-3755.69	-612.87	5524.96
ELV	3929.13	17591.56	-49302.97	26327.25	75630.23	-11490.33	9262.32	19086.25
BOX	7235.84	16655.23	-19751.46	76770.73	96522.19	-3386.49	6003.90	12965.21
ELA	91593.66	65363.73	15473.50	265409.17	249935.67	30610.40	73837.67	146106.30
ELB	31547.87	17859.50	-25772.02	102012.57	127784.59	22746.91	26967.13	33897.94
ELC	14817.82	10831.02	-10597.37	51266.16	61863.53	8133.25	16843.71	22674.31
ELD	7046.40	12861.60	-19478.54	60790.38	80268.92	-4582.97	6830.06	15412.57
ELE	7964.94	7128.10	-24421.55	27202.84	51624.39	4205.98	8484.45	12571.58
ELF	7090.93	11411.24	-6052.58	55259.29	61311.86	-2515.46	3038.10	15191.22
ST1	10304.98	6280.61	-21433.21	18832.75	40265.96	8508.44	11327.08	13640.97
ST2	29236.20	8131.28	12255.85	45746.25	33490.40	22929.14	31400.19	35957.36
ST3	40468.83	20398.57	-30165.98	70519.95	100685.93	35064.86	47113.78	53743.13
SG1	10874.23	6780.43	-12574.24	46040.76	58615.00	8471.71	9555.92	12258.13
SG2	38405.54	12995.44	23023.17	89801.19	66778.01	28145.40	33377.58	46662.22
SG3	153801.15	66823.01	80491.24	304085.37	223594.14	91622.35	133818.19	207295.20
Y3	6538.93	22180.17	-28840.83	50936.81	79777.64	-13497.02	262.77	26638.67
Y4	12938.22	33366.04	-32561.50	80452.54	113014.04	-18390.74	5037.10	43984.98
Y5	22047.13	14914.41	317.30	51010.86	50693.56	8800.09	19271.76	36420.41

-2 log-likelihood: 18227.476753 Reference levels of dummy coded variables: ELG, ST0, SG0, Y2
 Classic AIC: 18392.174710
 AICc: 18413.702797
 BIC/MDL: 18769.385664
 CV: 7550720199.55
 R²: 0.884809
 Adjusted R²: 0.864199

In this paper, we have experimented in real-world case study GWR, a methodology useful for internalizing environmental values within the procedures for defining urban standards and, more generally, land governance.

Starting from the results here obtained, future developments should focus on the assessment of the Total Economic Value of the parks under investigation. It is worth mentioning indeed that GWR, in line with HPMs and other revealed preference methods, is intended to assess the use-value of parks. Estimates of parks' total economic value should be used in a Cost-Benefit analysis perspective for comparing the costs of

urban regeneration projects and the related benefits, thus supporting in a more informed way public decision processes in this domain.

Further work could also be done for investigating the effects of the time variable on current estimates in a more sophisticated way, namely by means of Geographically Temporal Weighted Regression (GTWR) models (Huang et al. 2010).

Finally, it would be of scientific interest to develop additional estimations on panel data panel to validate the robustness of the results and verify for potential biases (Wooldridge, 2010).

* **Marta Bottero**, Politecnico di Torino, Department of Regional and Urban Studies and Planning (DIST)
e-mail: marta.bottero@polito.it
** **Paolo Bragolusi**, EDRASIS GROUP
e-mail: bragolusi.p@gmail.com
*** **Marina Bravi**, Politecnico di Torino, Department of Regional and Urban Studies and Planning (DIST)
e-mail: marina.bravi@polito.it
**** **Chiara D'Alpaos**, University of Padova, Department of Civil, Environmental And Architectural Engineering (DICEA)
e-mail: chiara.dalpaos@unipd.it
***** **Federico Dell'Anna**, Politecnico di Torino, Department of Regional and Urban Studies and Planning (DIST)
e-mail: federico.dellanna@polito.it

Bibliography

- ABBASOV J., *The estimation of selling possibility of houses*, Asian Journal of Civil Engineering, 19 (7), 2018, pp. 827-837.
- ANSELIN L., *Spatial Econometrics: Methods and Models*, 1988, Springer, Berlin.
- BITTER C., MULLIGAN G.F., DALL'ERBA S., *Incorporating spatial variation in housing attribute prices: A comparison of geographically weighted regression and the spatial expansion method*, Journal of Geographical Systems, vol. 9, no. 1, 2007, pp. 7-27.
- BOURASSA S.C., HOESLI M., PENG, V.S., *Do housing submarkets really matter?*, Journal of Housing Economics, vol. 12, no. 1, 2003, pp. 12-28.
- BOTTERO M., BRAGOLUSI P., BRAVI M., D'ALPAOS C., DELL'ANNA F., *Il valore dei servizi ecosistemici culturali delle aree verdi urbane: applicazione di un modello edonimetrico spaziale per la città di Torino*. XXII Congresso Nazionale Associazione Italiana di Valutazione (AIV) "La cultura della valutazione: diffusione e traiettorie di sviluppo", Aprile 1-3 2019, Venezia (Italia).
- BOTTERO M., CAPRIOLI C., FOTH M., MITCHELL P., RITTENBRUCH M., SANTANGELO M., *Urban parks, value uplift and green gentrification: An application of the spatial hedonic model in the city of Brisbane*, Urban Forestry and Urban Greening, vol. 74, 2022, art. no. 127618.
- BOTTERO M., BRAVI M., CAPRIOLI C., DELL'ANNA F., *Combining Revealed and Stated Preferences to design a new urban park in a metropolitan area of North-Western Italy*, Ecological Modelling, vol. 483, 2023, art. No. 110436.
- BOWMAN A. W., *An Alternative Method of Cross-Validation for the Smoothing of Density Estimates*, Siometrika, vol. 71, 1984, pp. 353-60.
- BRUNSDON C., FOTHERINGHAM A.S., CHARLTON M.E., *Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity*, Geographical Analysis, vol. 28, no. 4, 1996, pp. 281-298.
- BUJANDA, A., FULLERTON T.M., *Impacts of transportation infrastructure on single-family property values*, Applied Economics, vol. 49, no. 51, 2017, pp. 5183-5199.
- CAN A., *The measurement of neighborhood dynamics in urban house prices*, Economic Geography, vol. 66, no. 3, 1990, pp. 254-272.
- CASSETTI E., *Generating models by the expansion method: Applications to geographic research*, Geographical Analysis, vol. 4, 1972, pp. 81-91.
- CHEN W.Y., LI X., HUA J., *Environmental amenities of urban rivers and residential property values: A global meta-analysis*, Science of the Total Environment, vol. 693, art. no. 133628, 2019.
- CHINLOY P., *Jobs, location, and real estate*, The Journal of Real Estate Finance and Economics, vol. 4, no. 1, 1991, pp. 33-47.
- CITTÀ DI TORINO, *Piano Strategico dell'Infrastruttura Verde*, 2021.
- CLEVELAND W.S., *Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots*, Journal of the American Statistical Association, vol. 74, 1979, pp. 829-36.
- D'ALPAOS C., ANDREOLLI F., *Urban quality in the city of the future: A bibliometric multicriteria assessment model*, Ecological Indicators, 117, 2020, 106575.
- DELL'ANNA F., BOTTERO M., BRAVI M., *Geographically Weighted Regression Models to Investigate Urban Infrastructures Impacts*. In: Gervasi, O., et al. Computational Science and Its Applications – ICCSA 2021. ICCSA 2021. Lecture Notes in Computer Science (12955), vol. 12955. Springer, Cham, pp. 599-613.
- DELL'ANNA F., BRAVI M., BOTTERO M., *Urban Green infrastructures: How much did they affect property prices in Singapore?* Urban Forestry and Urban Greening, vol. 68, 2022, art. no. 127475.
- ESPEY M., LOPEZ H., *The impact of airport noise and proximity on residential property values*, Growth and Change, vol. 31, no. 3, 2000, pp. 408-419.
- FARBER S., YEATES M., *A Comparison of Localized Regression Models in a Hedonic House Price Context*, Canadian Journal of Regional Science, vol. 29, no. 3, 2006, pp. 405-420.
- HUANG B., WU B., BARRY M., *Geographically and Temporally Weighted Regression for Modeling Spatiotemporal Variation in House Prices*, International Journal of Geographical Information Science, vol. 24, 2010, pp. 383-401.
- LANCASTER K., *A New Approach to Consumer Theory*, Journal of Political Economy, vol. 74, 1966, pp. 132-57.
- LI X., D'ALPAOS C., BRAGOLUSI P., FAN G., *The Capitalization*

of Geomatic Attributes: Evidence from the Housing Market in Guangzhou, *Valori e Valutazioni*, vol. 33, 2023, pp. 31-46.

KIM H.S., LEE G.E., LEE J.S., CHOI Y., *Understanding the local impact of urban park plans and park typology on housing price: A case study of the Busan metropolitan region, Korea*, *Landscape and Urban Planning*, vol. 184, 2019, pp. 1-1.

MANGANELLI B., PONTRANDOLFI P., AZZATO A., MURGANTE B., *Using geographically weighted regression for housing market segmentation*, *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, vol. 9, no. 2, 2014, pp. 161-177.

MASSIMO D.E., DEL GIUDICE V., DE PAOLA P., FORTE F., MUSOLINO M., MALERBA, A., *Geographically weighted regression for the post carbon city and real estate market analysis: A case study*, in Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds.), *New Metropolitan Perspectives*. ISHT 2018, Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 100. Springer, Cham, 2019.

MELICHAR J., KAPROVÁ K., *Revealing preferences of Prague's homebuyers toward greenery amenities: The empirical evidence of distance-size effect*, *Landscape and Urban Planning*, vol. 109, no. 1, 2013, pp. 56-66.

MITTAL J., BYAHUT S., *Scenic landscapes, visual accessibility and premium values in a single family housing market: A spatial hedonic approach*, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, vol. 46, no. 1, 2017, pp. 66-83.

MURKIN K., SHIODE N., SHIODE, S., KIDD D., *Biodiversity and the Recreational Value of Green Infrastructure in England*, *Sustainability*, vol. 15, 2023, no. 2915.

PÁEZ A., *Local Analysis of Spatial Relationships: A Comparison of GWR and the Expansion Method*, in Gervasi O., et al. (eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2005, ICCSA 2005, Lecture Notes in Computer Science*, vol 3482, 2005, Springer, Berlin, Heidelberg.

PARK J.H., LEE D.K., PARK C., KIM H.G., JUNG T.Y., KIM S., *Park accessibility impacts housing prices in Seoul*, *Sustainability*, vol. 9, no. 2, art. no. 185, 2017.

PAYTON S., LINDSEY G., WILSON J., OTTENSMAJN J.R. & MAN J., *Valuing the benefits of the urban forest: A spatial hedonic approach*, *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 51, no. 6, 2008, pp. 717-736.

PEARCE D., Atkinson G., Mourato S., *Cost-benefit analysis and the environment: Recent developments*. OECD, Paris, 2006.

ROSEN S., *Hedonic Prices and Implicit Markets: Product*

Differentiation in Pure Competition, *The Journal of Political Economy*, vol. 82, no. 1, 1974, pp. 34-55.

RYMARZAK M., SIEMI SKA E., *Factors affecting the location of real estate*, *Journal of Corporate Real Estate*, vol. 14, no. 4, 2012, pp. 214-225.

SAENKO I., KUSHINA E., PUKHOVA V., *Verification of the dependence of factors determining the market value of residential real estate at the stages of the life cycle*, MATEC Web of Conferences, 2018.

SCHNARE A.B., STRUYK R.J., *Segmentation in urban housing markets*, *Journal of Urban Economics*, vol. 3, no. 2, 1976, pp. 146-166.

STESSENS, P., KHAN, A. Z., HUYSMANS, M., CANTERS, F. *Analysing urban green space accessibility and quality: A GIS-based model as spatial decision support for urban ecosystem services in Brussels*. *Ecosystem Services*, vol. 28, 2017, pp. 328-340.

SYLLA M., LASOTA T., SZEWRANSKI S., *Valuing Environmental Amenities in Peri-Urban Areas: Evidence from Poland*, *Sustainability*, vol. 11, 2019, no. 570.

TANG Q., XU W., AI F., *Spatial pattern and structural determinants of Shanghai's housing price: A GWR-based approach*, *Proceedings - 2011 19th International Conference on Geoinformatics, Geoinformatics*, 2011.

THEURILLAT T., RÉRAT P., CREVOISIER O., *The real estate markets: Players, institutions and territories*, *Urban Studies*, vol. 52, no. 8, 2015, pp. 1414-1433.

WANG C. H., CHEN N., *A geographically weighted regression approach to investigating local built environment effects on home prices in the housing downturn, recovery, and subsequent increases*, *Journal of Housing and the Built Environment*, vol. 35, 2020, pp. 1283-1302.

WANG B., HE S., MA W., *Does Park Size Affect Green Gentrification? Insights from Chongqing, China*, *Sustainability*, vol. 14, 2022, no. 9916.

WILHELMSSON M., *The impact of traffic noise on the values of single-family houses*, *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 43, no. 6, 2000, pp. 799-815.

WOOLDRIDGE J.M., *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, MIT press, 2010.

WU C., YE X., REN F., WAN Y., NING P., DU Q., *Spatial and social media data analytics of housing prices in Shenzhen, China*, *PLoS ONE*, vol. 11, no. 10, art. no. e0164553, 2016.

WU C., DU Y., LI S., LIU P., YE X., *Does visual contact with green space impact housing prices An integrated approach of machine learning and hedonic modeling based on the perception of green space*, *Land Use Policy*, vol. 115, 2022, no. 106048.

APPENDIX

Table A.1 - Descriptive statistics of the dataset including properties adjacent to Dora Park. Variables with * are considered as reference and excluded from the model.

Variable	Min	Max	Mean	Median	Standard Deviation
Ground floor area (SURF)	18.00	310.00	80.17	75.00	35.94
Floor level (FLOOR)	0.00	10.00	2.84	3.00	2.09
Elevator (ELV)	0.00	1.00	0.65	1.00	0.48
Garage (BOX)	0.00	1.00	0.17	0.00	0.37
Energy label A (ELA)	0.00	1.00	0.03	0.00	0.16
Energy label B (ELB)	0.00	1.00	0.04	0.00	0.19
Energy label C (ELC)	0.00	1.00	0.11	0.00	0.31
Energy label D (ELD)	0.00	1.00	0.21	0.00	0.41
Energy label E (ELE)	0.00	1.00	0.18	0.00	0.38
Energy label F (ELF)	0.00	1.00	0.16	0.00	0.36
Energy label G (ELG)*	0.00	1.00	0.28	0.00	0.45
Maintenance condition 0 (ST0)	0.00	1.00	0.12	0.00	0.32
Maintenance condition 1 (ST1)	0.00	1.00	0.40	0.00	0.49
Maintenance condition 2 (ST2)	0.00	1.00	0.38	0.00	0.48
Maintenance condition 3 (ST3)	0.00	1.00	0.10	0.00	0.31
Market segment 0 (SG0)*	0.00	1.00	0.17	0.00	0.38
Market segment 1 (SG1)	0.00	1.00	0.54	1.00	0.50
Market segment 2 (SG2)	0.00	1.00	0.27	0.00	0.44
Market segment 3 (SG3)	0.00	1.00	0.02	0.00	0.15
Year 2014 (Y1)*	0.00	1.00	0.00	0.00	0.06
Year 2015 (Y2)	0.00	1.00	0.03	0.00	0.18
Year 2016 (Y3)	0.00	1.00	0.67	1.00	0.47
Year 2017 (Y4)	0.00	1.00	0.07	0.00	0.26
Year 2018 (Y5)	0.00	1.00	0.22	0.00	0.42
Asking price (PRC)	22,500.00	1,100,000.00	128,840.76	90,000.00	117,483.27

Table A.2 - Descriptive statistics of the dataset including properties adjacent to Valentino Park. Variables with * are considered as reference and excluded from the model

Variable	Min	Max	Mean	Median	Standard Deviation
Ground floor area (SURF)	30.00	450.00	107.79	95.00	57.99
Floor level (FLOOR)	0.00	10.00	2.48	2.00	1.83
Elevator (ELV)	0.00	1.00	0.76	1.00	0.43
Garage (BOX)	0.00	2.00	0.20	0.00	0.45

Table A.2 - Descriptive statistics of the dataset including properties adjacent to Valentino Park. Variables with * are considered as reference and excluded from the model

Table A.2 con't - Descriptive statistics of the dataset including properties adjacent to Valentino Park. Variables with * are considered as reference and excluded from the model

Variable	Min	Max	Media	Median	Standard Deviation
Energy label A (ELA)	0.00	1.00	0.05	0.00	0.22
Energy label B (ELB)	0.00	1.00	0.05	0.00	0.22
Energy label C (ELC)	0.00	1.00	0.14	0.00	0.35
Energy label D (ELD)	0.00	1.00	0.21	0.00	0.41
Energy label E (ELE)	0.00	1.00	0.18	0.00	0.39
Energy label F (ELF)	0.00	1.00	0.16	0.00	0.37
Energy label G (ELG)*	0.00	1.00	0.20	0.00	0.40
Maintenance condition 0 (ST0)*	0.00	1.00	0.10	0.00	0.30
Maintenance condition 1 (ST1)	0.00	1.00	0.33	0.00	0.47
Maintenance condition 2 (ST2)	0.00	1.00	0.46	0.00	0.50
Maintenance condition 3 (ST3)	0.00	1.00	0.10	0.00	0.31
Market segment 0 (SG0)*	0.00	1.00	0.06	0.00	0.24
Market segment 1 (SG1)	0.00	1.00	0.33	0.00	0.47
Market segment 2 (SG2)	0.00	1.00	0.55	1.00	0.50
Market segment 3 (SG3)	0.00	1.00	0.06	0.00	0.23
Year 2015 (Y2)*	0.00	1.00	0.02	0.00	0.15
Year 2016 (Y3)	0.00	1.00	0.63	1.00	0.48
Year 2017 (Y4)	0.00	1.00	0.06	0.00	0.24
Year 2018 (Y5)	0.00	1.00	0.28	0.00	0.45
Asking price (PRC)	19,000.00	1,800,000.00	277,982.14	220,000.00	220,301.56

Table A.3 - Results of the ordinary least squares regression (OLS) model for Dora Park

Variables	Estimate	Std. Error	t-value
Intercept	-69,450.61***	8381.60	-8.286
Ground floor area (SURF)	2225.15***	65.19	34.134
Elevator (ELV)	16,722.76***	4786.81	3.494
Maintenance condition 2 (ST2)	16,072.20***	4676.77	3.437
Maintenance condition 3 (ST3)	62,762.18***	7856.87	7.988
Market segment 2 (SG2)	37,154.16***	5328.14	6.973
Market segment 3 (SG3)	153,651.85***	15,033.03	10.221
Distance from Dora Park (DISTP)	-20.20*	9.14	-2.210
Year 2017 (Y4)	-24,465.28**	8518.79	-2.919
Year 2018 (Y5)	-18,784.84***	5248.56	-3.579
Residual standard error	57,650 on 709 degrees of freedom		
Multiple R ²	0.7623	Adjusted R ²	0.7592
F-statistic	252.6 on 9 and 709 degree of freedom		
Significance: 0 (***), 0.001 (**), 0.01 (*)			

The value of urban parks in the city of Turin:
an application of the Geographically Weighted Regression

Table A.4 - Results of the ordinary least squares regression (OLS) model for Dora Park

Variables	Estimate	Std. Error	t-value
Intercept	-85,951.73***	18,949.22	-4.536
Ground floor area (SURF)	3274.40***	107.20	30.544
Maintenance condition 3 (ST3)	92,329.17***	19029.50	4.852
Market segment 3 (SG3)	123,246.93***	22,769.62	5.413
Distance from Valentino Park (DIST_VP)	54.15*	24.86	2.178
Residual standard error	120,100 on 355 degrees of freedom		
Multiple R²	0.7641	Adjusted R²	0.7614
F-statistic	287.5 on 4 and 355 degree of freedom		
Significance: 0 (***), 0.001 (**), 0.01 (*)			

Il valore dei parchi urbani nella città di Torino: un'applicazione della Geographically Weighted Regression

Marta Bottero*, Paolo Bragolusi**,
Marina Bravi***, Chiara D'Alpaos*****,
Federico Dell'Anna*****

Parole chiave: Prezzi edonici spazializzati,
Valore Economico Totale (VET), prezzi degli immobili,
aree verdi urbane, geo-statistica,
Geographically Weighted Regression (GWR)

Abstract

Le aree urbane verdi forniscono una serie di benefici che vanno dal mantenimento dei processi ecologici naturali relativi alla risorsa aria e acqua, fino al miglioramento del benessere della popolazione locale. Partendo dal concetto di Valore Economico Totale, il presente lavoro indaga il metodo della regressione geografica ponderata, 'Geographically Weighted Regression' (GWR), per stimare il valore di due parchi urbani della città di Torino: il Parco Dora e il Parco del Valentino. La

GWR si basa sull'approccio dei prezzi edonici e permette di indagare la variabilità spaziale e delle variabili chiave in esame e il relativo impatto sui prezzi di mercato degli immobili. I risultati del modello mostrano che la prossimità a un parco influenza positivamente i prezzi degli immobili e, conseguentemente, che emerge una Disponibilità a Pagare (DAP) positiva per beni e servizi ambientali quali sono quelli forniti dalle aree verdi urbane.

1. INTRODUZIONE

Le aree urbane verdi offrono una serie di benefici, come il contributo al miglioramento della qualità dell'aria, la conservazione della biodiversità, la regolazione del clima, la gestione e la regolazione delle acque meteoriche, per citarne alcuni, che possono essere classificati come servizi ambientali (MEA, 2005). Di particolare importanza sono anche i benefici sociali e ricreativi offerti dalle aree verdi nelle città, tra cui spiccano la promozione di un atteggiamento mentale positivo, l'aumento dell'attività fisica all'aperto e l'interazione sociale, che generano effetti psicologici positivi nei fruitori di dette aree (TEEB, 2012). I risultati di una rassegna di letteratura recente condotta da D'Alpaos e Andreolli (2020) evidenziano come le aree urbane verdi siano uno dei fattori determinanti la percezione di una qualità urbana di standard elevato e di vivibilità delle città da parte dei residenti.

In questo contesto, sono stati sviluppati strumenti di valutazione specifici per stimare il valore degli spazi verdi urbani da considerare nella valutazione dei progetti di trasformazione e rigenerazione urbana e supportare i decisori politici nei processi decisionali pubblici. In particolare, il cosiddetto approccio del Valore Economico Totale (VET), 'Total Economic Value' (TEV), è ampiamente riconosciuto in letteratura come una pietra miliare nella valutazione delle aree verdi urbane e, più in generale, nella valutazione dei beni ambientali e delle risorse naturali.

Il concetto di VET si basa su un quadro teorico che suddivide il valore in diverse componenti, riflettendo sia i valori d'uso che quelli di non uso. (Pearce e Turner, 1990; Pearce et al., 2006). Per valutare le componenti del VET sono stati adottati in letteratura i cosiddetti metodi delle preferenze dichiarate e metodi delle preferenze rivelate, sviluppati



dagli economisti ambientali (Bottero et al., 2023). Tra i diversi metodi di valutazione del VET, il presente lavoro indaga il potenziale del metodo dei prezzi edonici per la valutazione delle aree urbane verdi (Rosen, 1974).

Il metodo dei prezzi edonici è una tecnica di valutazione utilizzata per stimare il valore monetario delle caratteristiche degli immobili sulla base dei prezzi di mercato registrati nelle transazioni immobiliari (Rosen, 1974; Wilhelmsson, 2000; Espey et al., 2000; Melichar e Kaprová, 2013; Wu et al., 2016; Park et al., 2017; Abbasov, 2018; Chen 2019; Xi et al., 2023). La metodologia si basa sull'ipotesi che il prezzo di mercato degli asset immobiliari dipenda dalle loro caratteristiche o attributi, e possa essere espresso come la somma ponderata dei relativi marginali prezzi impliciti, definiti anche «prezzi edonici» (Lancaster, 1966; Rosen, 1974; Wilhelmsson, 2000). Le caratteristiche immobiliari possono essere classificate in due gruppi principali: le caratteristiche intrinseche (come ad esempio la tipologia edilizia, la superficie o il numero di vani, ecc.) e le caratteristiche estrinseche che più propriamente attengono alla zona nel quale è ubicato l'immobile e che includono le caratteristiche socio-economiche, l'accessibilità alle strutture e alle infrastrutture urbane e il livello di dotazione di servizi pubblici del quartiere (Can, 1990). Secondo la formulazione del modello econometrico tradizionale, i prezzi osservati degli immobili sono regrediti rispetto alle caratteristiche degli immobili stessi, attraverso una regressione lineare multipla, in cui i coefficienti stimati definiscono i prezzi marginali impliciti relativi agli attributi dei beni considerati.

Il metodo dei prezzi edonici tradizionale fornisce i prezzi marginali impliciti delle caratteristiche, costanti sull'intera area di mercato oggetto di analisi. Di conseguenza, il metodo dei prezzi edonici fallisce quando i prezzi marginali di un numero significativo di caratteristiche rilevanti variano nello spazio (ovvero in presenza di eterogeneità spaziale), soprattutto in mercati di grandi dimensioni (Schnare e Struyk, 1976; Bourassa et al., 2003; Bitter et al., 2007). In riferimento all'eterogeneità spaziale, è ampiamente riconosciuto che i mercati immobiliari sono influenzati da elementi e variabili che non sono uniformemente distribuiti nello spazio. Per affrontare questo problema, in letteratura sono stati proposti modelli specifici come il modello spaziale auto-regressivo (Spatial Lag Model) e il modello con disturbi spaziali auto-regressivi (Spatial Error Model) per tenere conto e mitigare l'effetto negativo delle potenziali distorsioni nelle stime di regressione generati dalla dipendenza spaziale e dall'eterogeneità spaziale (Anselin, 1988).

Per quanto riguarda i parchi urbani, in letteratura esistono diverse applicazioni di modelli edonici spaziali che dimostrano come la vicinanza ad aree verdi sia una determinante dei prezzi degli immobili a destinazione residenziale (Kim et al, 2019; Dell'Anna et al, 2022; Bottero et al., 2022).

Nel presente lavoro, partendo dal caso della città di Torino (Italia nord-occidentale), viene proposta un'applicazione del modello edonico spaziale noto come regressione geo-

grafica ponderata, o Geographically Weighted Regression (GWR), per valutare l'influenza della vicinanza ai parchi sui prezzi degli immobili. La GWR (Brundson et al., 1996) è un metodo geo-statistico che rappresenta un'estensione della regressione basata sul metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS) che permette di affrontare il problema dell'eterogeneità spaziale delle osservazioni nell'area in esame e ammette che la relazione tra le variabili indipendenti e dipendenti vari a seconda della localizzazione. A conoscenza degli autori, questo lavoro rappresenta la prima applicazione di un modello GWR per la valutazione dei parchi urbani della città di Torino. A partire dall'analisi del valore degli immobili situati a una distanza di 1 km dai parchi urbani, il presente studio mira a investigare l'effetto in termini di premio di mercato derivante dalla semplice vicinanza nel caso degli immobili a destinazione residenziale. Tale approccio consente di mettere in evidenza il contributo di un parco specifico ai valori del tessuto urbano circostante. In scenari in cui le risorse finanziarie a supporto della pianificazione urbanistica sono limitate, individuare in che misura la presenza di un parco influisca in modo significativo sui prezzi delle abitazioni, può offrire spunti critici di riflessione e contribuire a informare le decisioni sull'allocazione delle risorse destinate allo sviluppo del parco, alla manutenzione e al miglioramento della sua qualità, o alla realizzazione di nuovi spazi verdi. In tal senso, la GWR si dimostra essere uno strumento fondamentale, in grado di rivelare gli impatti anche minimi e specifici del luogo e di fornire una conoscenza più approfondita degli effetti legati ai parchi in diverse aree cittadine.

Il resto del contributo si articola come segue: la Sezione 2 descrive i parchi urbani oggetto di studio; la Sezione 3 delinea in quadro teorico-metodologico di riferimento per la GWR; nella Sezione 4 vengono illustrati i due dataset relativi agli immobili situati in prossimità del Parco del Valentino e del Parco Dora, rispettivamente, nonché i dati utilizzati come input del modello; nel paragrafo 5 sono presentate le stime del modello e sono discussi i principali risultati; infine, la Sezione 6 riassume le principali conclusioni del lavoro e propone ulteriori sviluppi per future ricerche.

2. MATERIALI

Come già detto, il focus della presente ricerca è la città di Torino, scelta sia perché è una delle città italiane più verdi, sia perché il suo processo di inverdimento ha una lunga storia.

Stime riportate nel "Piano Strategico dell'Infrastruttura Verde" di Torino evidenziano che il 37% dell'intera area di estensione della città, ovvero 48 km² su un totale di 130 km², è destinato agli spazi verdi. Ciò si traduce in un spazio verde, significativo, di 55,43 m² per abitante.

La città di Torino è dotata di 18,2 km² quadrati di verde pubblico e offre in media quasi 20 metri quadrati di verde lussureggiante per abitante, superando la media europea



Il valore dei parchi urbani nella città di Torino: un'applicazione della Geographically Weighted Regression

di 18,2 metri quadrati per abitante e più che raddoppiando il minimo di 9 metri quadrati raccomandato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. L'espansione degli spazi verdi urbani è stata particolarmente significativa negli ultimi due decenni.

Complessivamente, Torino vanta 517 aree verdi destinate ad attività ricreative, per una superficie complessiva di 11.095.526 m². Queste aree rappresentano il 34% di tutti gli spazi verdi pubblici e privati e coprono l'8,5% della superficie della città (Città di Torino, 2021). L'inizio del processo di rinverdimento della città risale al 1559, quando la capitale del Ducato di Savoia fu trasferita a Torino. Successivamente, i Savoia ampliarono i confini della città e iniziarono a costruire nei sobborghi urbani ville circondate da giardini ricchi di piante, come il Parco del Valentino. Il processo continuò per tutto il XIX secolo con la costru-

zione dei viali alberati che collegavano le varie zone della città. Negli ultimi vent'anni Torino ha subito un processo di rigenerazione urbana che ha portato alla costruzione di nuove infrastrutture verdi oltre ai parchi storici. Questo processo continuo di rinverdimento testimonia la crescente consapevolezza dei decisori politici e degli urbanisti del grande valore ricreativo e ambientale delle aree urbane verdi e del loro potenziale nel migliorare la qualità urbana e il benessere dei cittadini.

La Figura 1 mostra la mappatura delle aree verdi pubbliche della città di Torino, che comprendono aree ricreative, aree coltivate e aree boschive.

L'obiettivo di questo lavoro è indagare se e in che misura la presenza di un parco possa far aumentare il prezzo marginale di alcune caratteristiche di immobili a destinazione residenziale, attraverso lo sviluppo di un modello GWR.

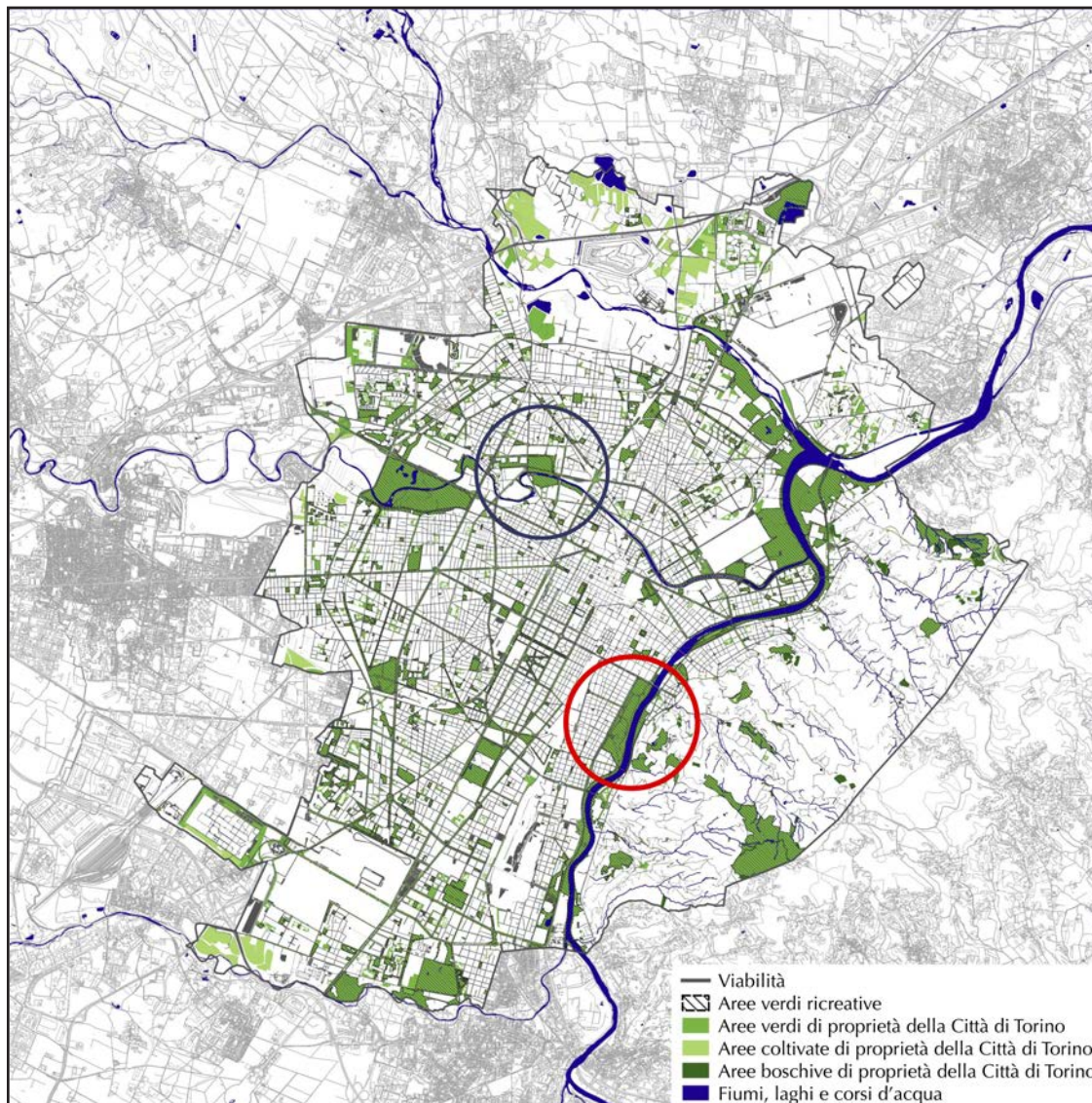


Figura 1 - Mappa delle aree verdi pubbliche della città di Torino e nello specifico del Parco Dora (in blu) e del Parco del Valentino (in rosso) (Città di Torino, 2021).

Le unità immobiliari analizzate sono situate a una distanza euclidea massima di un chilometro dai parchi, poiché si ipotizza che, per distanze superiori a quella considerata, la presenza del parco non influisca più sui relativi prezzi di mercato. L'ipotesi fondamentale è, infatti, che un'abitazione situata a un chilometro di distanza da un parco sia facilmente raggiungibile a piedi e che, di conseguenza, i residenti possano facilmente godere dei benefici offerti dal parco stesso (Stessens et al., 2017).

La presente analisi si concentra sulle abitazioni situate in prossimità di due parchi della città di Torino: il Parco del Valentino e il Parco Dora. Tali parchi sono situati in contesti urbani che si differenziano per caratteristiche sociali e morfologiche.

Il Parco del Valentino è sicuramente il parco più conosciuto di Torino e si trova nella zona sud-est della città (Fig. 2). Il parco occupa una posizione strategica e vantaggiosa per due motivi principali. Innanzitutto, è situato nelle immediate vicinanze del centro della città, distando solo un chilometro da Torino Porta Nuova, la principale stazione ferroviaria urbana. In secondo luogo, il suo confine orientale si estende lungo la riva sinistra del fiume Po e offre una vista sulla collina, uno dei quartieri più prestigiosi e benestanti della città. Le origini del Parco del Valentino risalgono a un'epoca molto remota: il toponimo «Valentino» è in uso per la zona fin dal Medioevo e, a partire dal Settecento, ha indicato il Castello del Valentino e l'area circostante. L'apertura al pubblico del parco avvenne nella seconda metà del XIX secolo,

quando iniziò una nuova fase urbanistica della città. Tale fase fu caratterizzata da una forte crescita della popolazione cittadina, da una significativa espansione dell'industria edilizia locale e dall'emergente necessità di aree verdi per scopi ricreativi. Barillet-Deschamps si ispirò ai principi dell'architettura del paesaggio nel progettare il sistema di viali, boschetti e valli artificiali e la pista di equitazione del parco. Già prima del suo completamento, il parco è stato teatro di importanti esposizioni nazionali e internazionali tenutesi dal 1829 al 1961. Oltre al Castello del Valentino, Patrimonio dell'Umanità UNESCO e sede della Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino, all'interno del parco sono presenti numerosi punti di interesse culturale: il Borgo Medievale, il Giardino Roccioso, l'Orto Botanico dell'Università di Torino, la Fontana dei Mesi, la Fontana Luminosa, la Palazzina della Promotrice delle Belle Arti, Torino Esposizioni e diverse società remiere. Il parco offre affascinanti percorsi pedonali e occasioni di sport e svago, ed è raggiungibile con mezzi pubblici e privati, grazie ai numerosi parcheggi presenti nel parco. Il Parco del Valentino è accessibile anche alle biciclette e offre ai ciclisti la possibilità di scegliere tra le numerose piste ciclabili che si estendono per tutta la sua area. Dal punto di vista dell'ecosistema, il Parco del Valentino comprende un ricco patrimonio arboreo e un'interessante avifauna. Confina ad ovest con lo storico quartiere di San Salvario. Questo quartiere, nato come zona residenziale per la borghesia torinese, si è sviluppato intorno alla metà del XIX secolo.



Figura 2 - Localizzazione su mappa del Parco del Valentino (a), vista del parco (b), Chiesa di San Salvario (c), Castello del Valentino (d), stazione ferroviaria di Porta Nuova (e), borgo medievale (f), edilizia storica (g).

Il valore dei parchi urbani nella città di Torino: un'applicazione della Geographically Weighted Regression

Tuttavia, nel Novecento, l'aspetto del quartiere è iniziato a cambiare a seguito dell'espansione dell'industria e della nascita della FIAT, che ha attirato un numero di abitanti sempre maggiore, generando un forte aumento della domanda di abitazioni. Intorno agli anni '60 e '70, il quartiere di San Salvario ha subito una rapida espansione a seguito del boom economico che ha portato a un'ondata di immigrazione soprattutto dal sud Italia. A differenza della domanda di abitazioni di pregio fino ad allora registrata, la domanda di nuove unità immobiliari a basso prezzo crebbe in modo significativo. Il quartiere è stato, quindi, fortemente influenzato nel suo assetto sociale e urbanistico dai fenomeni migratori sopra citati, che hanno portato alla coesistenza di un patrimonio edilizio eterogeneo in termini di epoca di costruzione e di qualità edilizia. La tipologia edilizia più diffusa è quella dell'edificio multipiano, come nel resto della città. Il quartiere di San Salvario è ben servito dai trasporti pubblici e l'unica linea della metropolitana attualmente presente in città lambisce a ovest il quartiere.

A differenza del Parco del Valentino, il Parco Dora è un parco post-industriale, costruito all'inizio degli anni 2000 a seguito del grande processo di rigenerazione urbana, che ha coinvolto la città negli ultimi anni (Fig. 3). Il Parco Dora si estende per un'area di circa 430.000 metri quadrati, posta a cavallo delle due sponde del fiume Dora. Fino agli anni '90, l'area ospitava gli stabilimenti produttivi di FIAT e Michelin che, a partire dagli anni '90 si sono

trasferiti in zone periferiche della città e, di conseguenza, l'area industriale è stata rapidamente dismessa ed è stata poi riconvertita. Il progetto del Parco Dora si inserisce in un quadro di trasformazione più complesso della città, ovvero il Programma di Riquilificazione Urbana che ha coinvolto l'area Spina 3. I fondi governativi e l'impegno formale del Comune di Torino per la realizzazione di importanti infrastrutture pubbliche hanno favorito la riconversione dell'area in questione. Nel 2003 il Comune ha affidato la progettazione del parco, attraverso un bando internazionale, a un gruppo multidisciplinare specializzato nella trasformazione di quartieri post-industriali. Il team includeva la partecipazione dell'architetto paesaggista Peter Latz. Nel 2007, la costruzione del parco è stata inserita tra le opere celebrative del 150° anniversario dell'Unità d'Italia. Attraverso il cofinanziamento di investimenti per quasi 70 milioni di euro, il governo italiano e il Comune di Torino hanno reso possibile la realizzazione del progetto in fasi successive. I progettisti del parco hanno dato risalto alla passata vocazione industriale dell'area. Elementi naturali come alberi, cespugli, aree ricreative e spazi per eventi sono inseriti tra pilastri, torri di altoforno in cemento e scale metalliche. È stata, inoltre, creata una grande area coperta (lunga 300 metri e larga 45), circondata da pilastri d'acciaio alti 30 metri. Diversi artisti hanno contribuito al processo di riqualificazione dell'area. Il Parco Dora si estende in tre quartieri: a nord Madonna di Campagna,



Figura 3 - Localizzazione su mappa del Parco Dora (a), vista aerea del parco (b), Environment Park (c), Chiesa del Santo Volto (d), area Vitali (e), edifici residenziali a torre (f).

a est Borgo Vittoria, a sud San Donato. Il patrimonio edilizio dell'area è diversificato ed è costituito principalmente da edifici realizzati soprattutto tra gli anni '50 e '80. In linea con il piano di riqualificazione della città, lungo il tratto della Spina 3 e nelle immediate vicinanze del parco sono stati progettati da studi di architettura di fama internazionale nuovi edifici di grandi dimensioni. Adiacente al Parco Dora di Torino si trova un importante polo di innovazione e ricerca noto come Environment Park, un parco scientifico che funge da punto di riferimento per le innovazioni tecnologiche in campo ambientale e per le iniziative di promozione della sostenibilità della regione Piemonte. Inoltre, nelle vicinanze del Parco, si trova la Chiesa del Santo Volto, un capolavoro dell'architettura progettato dal celebre architetto svizzero Mario Botta. La chiesa, con i suoi tratti distintivi, fonde perfettamente l'estetica moderna con la spiritualità, diventando un punto di riferimento importante per la zona limitrofa. Il parco scientifico e la Chiesa, insieme al Parco Dora, contribuiscono a creare un tessuto urbano di Torino ricco di sfaccettature culturali, tecnologiche e architettoniche.

3. QUADRO TEORICO-METODOLOGICO DI RIFERIMENTO

L'eterogeneità spaziale dei prezzi marginali impliciti è dovuta a diversi fattori. Il mercato immobiliare è un mercato segmentato, caratterizzato da un insieme di sotto-mercati definiti sulla base delle caratteristiche fisiche dell'abitazione e dell'area geografica in cui essa è situata (Bourassa et al., 2003); la segmentazione intrinseca del mercato immobiliare comporta quindi che ci sia eterogeneità spaziale nei prezzi edonici. La domanda di mercato per alcune caratteristiche immobiliari può essere altamente anelastica a causa di fattori di vicinato, tipologia di edificio e scarsità, con conseguente aumento dei prezzi marginali (Schnare e Struyk, 1976; Bitter et al., 2007). La caratteristica più importante che costituisce un fattore chiave per la stima dei prezzi nel mercato immobiliare è l'ubicazione dell'edificio (Can, 1990; Chinloy, 1991; Bourassa et al., 2003; Bitter et al., 2007; Rymarak e Sieminska, 2012; Theurillat, 2015; Saenko et al., 2018). La localizzazione può rendere unico un bene immobiliare (Bitter et al., 2007). Il mercato immobiliare è caratterizzato anche da un'autocorrelazione spaziale dei prezzi, in quanto i prezzi delle unità a destinazione residenziale sono stimati principalmente sulla base dei prezzi di vendita di proprietà situate nelle vicinanze. In questo contesto è stato riconosciuto che lo stimatore dei minimi quadrati ordinari (OLS), che è lo stimatore generalmente utilizzato nella regressione dei prezzi edonici tradizionali, non consente di trattare correttamente l'autocorrelazione (Payton et al., 2008). Sulla base di queste considerazioni, emerge come l'ubicazione degli asset, il fattore più importante nella valutazione del prezzo di mercato di un bene, dovrebbe essere considerata come una variabile indipendente nei modelli edonici. Seb-

bene sia possibile utilizzare variabili dummy per identificare uno specifico sotto-mercato e/o eseguire analisi di regressione su specifici sotto-mercati, i sotto-mercati sono spesso problematici da definire e indagare (Bourassa et al., 2003; Bitter et al., 2007).

La GWR è una tecnica di regressione che tiene conto della variazione locale dei prezzi marginali impliciti relativi ai punti di osservazione dei dati (Brunsdon et al., 1996). Utilizzando la regressione GWR è quindi possibile stimare uno specifico prezzo marginale implicito per ogni specifica posizione dei punti di osservazione dei dati, diversamente dai tradizionali metodi dei prezzi edonici, che stimano un unico prezzo marginale implicito medio per tutti i punti di osservazione dei dati, indipendentemente dalla specifica posizione geografica (Dell'Anna et al. 2020). Implementando la GWR, è possibile catturare gli effetti di eterogeneità spaziale dei prezzi marginali impliciti. Molti contributi in letteratura hanno adottato la GWR per analizzare i mercati immobiliari e l'hanno confrontata con altre metodologie di stima per testarne la robustezza. Pàez (2005) ha effettuato un esercizio di simulazione per confrontare la GWR e il metodo dell'espansione spaziale (Casetti, 1972) e ha riscontrato che la GWR permette di riprodurre i modelli cartografici in modo soddisfacente e, in alcuni casi, fornisce risultati più robusti rispetto al metodo di espansione poiché la GWR, almeno in termini medi, non è un modello che riproduce una variabilità spaziale artificiale. Farber e Yates (2006) hanno condotto uno studio su 19.007 transazioni di immobili a destinazione residenziale relative all'intera area metropolitana di Toronto (Canada) e hanno effettuato le analisi utilizzando quattro diverse metodologie: GWR (modello locale), modello di regressione su finestre mobili o 'Moving Window Regression' (MWR) (modello locale), modello SAR (modello globale) e metodo dei prezzi edonici (modello globale). Nella regressione sono stati considerati nove attributi, ossia cinque caratteristiche intrinseche e quattro caratteristiche estrinseche, relative in particolare alla dotazione di servizi e all'accessibilità del quartiere. L'obiettivo era confrontare i quattro diversi approcci di regressione in termini di bontà di adattamento (valutando il coefficiente di determinazione R^2) e di autocorrelazione spaziale residua. I risultati dello studio dimostrano che la GWR esprime il valore R^2 più alto (pari al 91,9%), mentre il metodo dei prezzi edonici esprime il valore R^2 più basso (pari al 66,7%). L'analisi dell'autocorrelazione spaziale ha rivelato, inoltre, che la GWR è il modello di stima che consente di trattare il problema della variazione spaziale dei prezzi edonici. Il contributo ha anche rivelato l'importanza dell'eterogeneità spaziale nella determinazione dei prezzi marginali delle diverse caratteristiche immobiliari. Bitter et al. (2007) hanno analizzato il mercato immobiliare della città di Tucson in Arizona (USA), utilizzando il modello GWR e il metodo di espansione spaziale. I risultati dell'implementazione della GWR sono risultati meglio rappresentativi della variabilità spaziale dei prezzi marginali

impliciti rispetto ai risultati ottenuti implementando il metodo dell'espansione spaziale. Entrambi i modelli hanno fornito una forte evidenza della variazione spaziale dei prezzi marginali nell'area di mercato di Tucson (Bitter et al., 2007). Tang et al. (2011) hanno utilizzato la GWR per studiare il modello spaziale e le determinanti strutturali dei prezzi delle abitazioni a Shanghai. In particolare, hanno analizzato gli effetti del tasso di inverdimento e dell'età degli edifici sui prezzi delle unità immobiliari a destinazione residenziale. La GWR effettuata da Tang et al. (2011) ha permesso di evidenziare la struttura spaziale dei prezzi di mercato in termini di bontà di fitting del modello e ha prodotto stime migliori rispetto al metodo dei prezzi edonici. Manganelli et al. (2014) hanno adottato il modello GWR per identificare aree omogenee del mercato immobiliare degli immobili residenziali nella città di Potenza (Italia). Gli autori hanno fornito utili indicazioni in termini di politiche fiscali, decisioni di pianificazione territoriale e trasformazioni territoriali. Bujanda e Fullerton (2017) hanno applicato il modello GWR per stimare il premio di mercato relativo alle caratteristiche vicinanza e accessibilità alle infrastrutture di trasporto nel mercato immobiliare della città di El Paso in Texas (USA). Dall'analisi di Bujanda e Fullerton (2017) emerge una forte eterogeneità spaziale dei prezzi impliciti e in alcuni casi l'impatto è risultato negativo (Bujanda e Fullerton, 2017). Mittal e Byahut (2017) hanno implementato la GWR per valutare il premio di prezzo di mercato delle abitazioni unifamiliari a Worcester in Massachusetts (USA) legato alla vista su paesaggio di pregio. Massimo et al. (2019) hanno utilizzato la GWR per analizzare il mercato immobiliare di Reggio Calabria (Italia) e hanno stimato il premio di mercato in termini di prezzo di vendita e di affitto per diverse classi di efficienza energetica degli edifici. Esistono diverse applicazioni dei modelli GWR che mostrano l'esistenza di una correlazione positiva tra i prezzi delle abitazioni e la presenza di aree verdi sia in contesti urbani che periurbani (Wu et al. 2022; Wang e Chen, 2020; Murkin et al., 2023; Wang et al. 2022; Sylla et al., 2019; Bottero et al., 2019).

Dal punto di vista metodologico, la formulazione del modello GWR è stata sviluppata per la prima volta da Brunson et al. (1996):

$$P_i = \beta_i + \sum_{k=1}^K \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

dove β_i è la costante del modello nel punto di regressione i , $\beta_k(u_i, v_i)$ è il coefficiente di regressione della variabile K al punto di regressione i , x_{ik} è il vettore K delle variabili indipendenti continue nel punto di regressione i , ε_i è il termine di errore del modello al punto di regressione i , e P_i è la variabile dipendente relativa al punto di regressione i . I coefficienti di regressione del modello GWR sono stimati come segue:

$$\beta_k(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X^{-1} X^T W(u_i, v_i) p) \quad (2)$$

dove $W(u_i, v_i)$ è la matrice dei pesi spaziali, X è la matrice trasposta (T) degli attributi osservati e $W(u_i, v_i)$ è il vettore delle variabili di risposta. La matrice dei pesi spaziali tiene conto delle relazioni spaziali che intercorrono tra i punti di osservazione del set di dati. Per definire la struttura della matrice dei pesi spaziali, è stata adottata una funzione gaussiana come funzione kernel:

$$W(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{d_{ij}^2}{\beta^2}\right) \quad (3)$$

dove d_{ij} è la distanza euclidea tra il punto di regressione i e il punto di osservazione j e β è il parametro di larghezza di banda. Per stimare quest'ultimo, è stato utilizzato l'algoritmo del cross validation score (VI) (Cleveland, 1979; Bowman, 1984; Brunson et al., 1996).

4. DATI

Il database utilizzato nel presente studio comprende i prezzi di offerta delle unità immobiliari a destinazione residenziale situate in edifici multipiano nella città di Torino. Nel contesto italiano, l'acquisizione dei dati relativi alle transazioni effettive è particolarmente difficile a causa della limitata accessibilità di tali dati. Conseguentemente, lo studio utilizza i prezzi di offerta come valida alternativa per analizzare le tendenze del mercato ed effettuare le valutazioni degli immobili oggetto di analisi.

Il dataset completo è stato implementato in maniera sistematica nel corso degli anni grazie alla collaborazione instaurata con un'agenzia immobiliare online (www.immobiliare.it). La collaborazione ha reso possibile la creazione di un dataset che include circa 15.000 annunci immobiliari relativi al territorio comunale di Torino, pubblicati nel periodo dal 2014 al 2018.

Come detto in precedenza, sono stati considerati solo gli edifici situati a una distanza massima di un chilometro dai parchi in questione. In particolare sono stati costruiti due sotto campioni: il primo costituito da 719 unità situate vicino al Parco Dora e il secondo da 721 unità situate in prossimità del Parco del Valentino (Fig. 4). Nel dataset sono censite otto variabili indipendenti che descrivono le caratteristiche intrinseche dell'abitazione (SURF, FLOOR, ELV, BOX, EL, ST, SG, YEAR), due variabili di localizzazione (LAT, LON) che identificano la posizione geografica dell'abitazione e la variabile dipendente, il prezzo di offerta (PRO). La descrizione delle variabili è riportata nella Tabella 1.

Nell'Appendice A sono presentate le statistiche descrittive delle osservazioni situate nei pressi del Parco Dora (Tabella A.1) e del Parco del Valentino (Tabella A.2), rispettivamente.



Figura 4 - Localizzazione su mappa del Parco Dora (a sinistra) e del Parco del Valentino (a destra) e dei relativi asset oggetto di analisi.

Tabella 1 - Descrizione delle variabili

Variabile	Descrizione
LAT	Latitudine dell'unità immobiliare
LON	Longitudine dell'unità immobiliare
SURF	Superficie dell'unità immobiliare in metri quadrati
PIANO	Livello di piano dell'unità immobiliare
ELV	Variabile dummy che indica la presenza o meno dell'ascensore
BOX	Variabile dummy che indica la presenza o meno del box auto
EL	Set di variabili dummy che identificano la classe energetica dell'unità immobiliare (ELA, ELB, ELC, ELD, ELE, ELF, ELG) che corrispondono alla classe energetica dell'edificio A, B, C, D, E, F, G
ST	Set di variabili dummy che indicano lo stato di manutenzione dell'unità immobiliare, qualificato sulla base di 4 livelli: ST0 = da ristrutturare, ST1 = buono stato, ST2 = ristrutturato, ST3 = nuova abitazione
SG	Serie di variabili dummy che indicano il segmento di mercato di riferimento per l'unità immobiliare, qualificato sulla base di SG0 = abitazione economica, SG1 = abitazione di classe media, SG2 = abitazione di classe alta, SG3 = abitazione di lusso
ANNO	Insieme di variabili dummy che indicano l'anno della transazione di mercato all'interno del periodo di analisi: Y1=2014, Y2=2015, Y3=2016, Y4=2017, Y5=2018
PRO	Prezzo di offerta in euro [€]

5. RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati delle stime dei modelli GWR del Parco Dora e del Parco del Valentino sono riportati in dettaglio rispettivamente nelle Tabelle 2 e 3¹. In particolare, il coefficiente R^2 della GWR sul sotto-campione del Parco Dora è pari a 0,77 (R^2 corretto pari a 0,76), mentre quello della GWR sul sotto-campione del Parco del Valentino è pari a 0,88 (R^2 corretto pari a 0,86). Sebbene entrambi i modelli incorporino le stesse variabili, la correlazione con i prezzi delle abitazioni potrebbe differire per i parchi, essendo influenzata dalle diverse caratteristiche urbanistiche delle aree circostanti. In particolare, l'area intorno al Parco del Valentino è caratterizzata dalla presenza di edifici e abitazioni più omogenei per dimensioni, epoca di costruzione e qualità costruttiva rispetto a quelli situati in prossimità del Parco Dora. Questa uniformità potrebbe portare ad un miglioramento della capacità predittiva del modello. Le diverse complessità dei tessuti urbani adiacenti ai due parchi spiegano la differenza dei valori di R^2 registrata tra i due modelli.

Come già detto, grazie alla GWR è stato possibile analizzare la variabilità spaziale dei coefficienti locali delle variabili predittive (elasticità). Ad esempio, la media delle elasticità della variabile SURF è pari a € 2222,15 per le abitazioni vicine al Parco Dora e pari a € 2865,39 per quelle vicine al Parco del Valentino. Quindi, l'aumento di un metro quadrato di superficie commerciale determina un incremento di prezzo maggiore per gli immobile situati in prossimità del Parco del Valentino, con una variabilità molto ampia del prezzo marginale (deviazione standard pari a € 261,41). Il risultato è in linea con quello atteso, stante i prezzi di mercato medi di zona. Analizzando la

zona a nord del Parco del Valentino (ovvero il quartiere centrale di Torino), emerge un picco delle elasticità locali di prezzo della variabile superficie SURF. Spicca in tal senso la zona al confine nord-occidentale del Parco, come illustrato nella Figura 5 (quadro di sinistra). In quest'area dominano i monumenti architettonici costruiti all'inizio del XIX secolo. Al contrario, nel settore occidentale del parco i prezzi marginali della variabile SURF sono elevati e riflettono la varietà del suo patrimonio abitativo, che spazia dalle costruzioni di fine Ottocento alle nuove costruzioni realizzate nel XX secolo, a seguito della ripresa economica della città. A sud del Parco del Valentino i prezzi marginali della variabile SURF sono più bassi. Rileva, inoltre, che in prossimità del Parco Dora, i prezzi marginali della variabile SURF sono caratterizzati da una modesta variabilità (deviazione standard pari a € 23,87). Di conseguenza, i risultati del modello indicano che la distribuzione dei coefficienti è relativamente stabile intorno al Parco Dora, come visualizzato nella Figura 5 (quadro di destra).

Le medie dei coefficienti relativi alla variabile ST3 (abitazioni nuove o recenti) sono simili in entrambi i casi: € 42.041 per le abitazioni in prossimità del Parco Dora e € 40.041,18 per quelle vicine al Parco del Valentino. In relazione al Parco Dora, l'impatto differenziale dello stato di manutenzione sui prezzi è più chiaramente visibile nell'area sud (Fig. 6). Il quartiere Campidoglio è quello in cui tale relazione è più significativa rispetto alle altre aree. Questa forte relazione è dovuta alla mancanza di immobili di recente costruzione in quest'area, caratterizzata da edifici la cui epoca di costruzione va dalla metà dell'Ottocento agli anni '70. Le restanti zone, invece, sono state oggetto, in tutto o in parte, di nuovi interventi di sviluppo immobiliare legati al progetto di rigenerazione del Parco Dora. Nel caso del Parco del Valentino, i valori di elasticità più elevati si registrano nella zona nord-ovest, principalmente caratterizzata da edifici storici e dove le nuove costruzioni sono poco numerose.

¹ Per avere un quadro completo del problema in esame, per entrambi i parchi è stato applicato il modello tradizionale dei minimi quadrati ordinari. I risultati di questi modelli sono riportati in Appendice (Tabella A.3 e Tabella A.4).

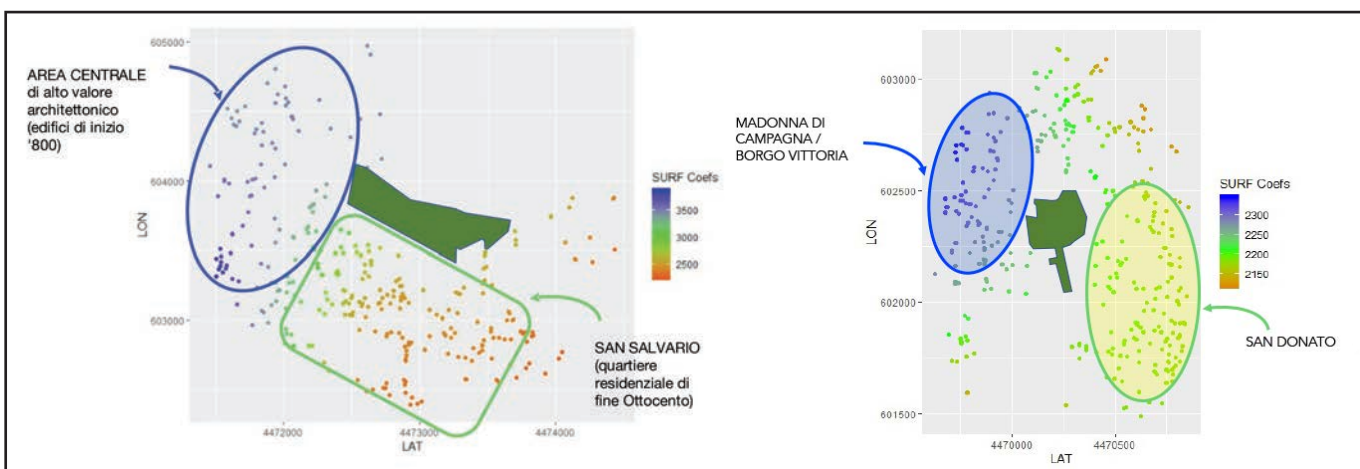


Figura 5 - Stime GWR per la variabile SURF (sul lato sinistro del grafico sono rappresentate le abitazioni situate in prossimità del Parco del Valentino, mentre sul lato destro sono rappresentate le abitazioni situate in prossimità del Parco Dora).

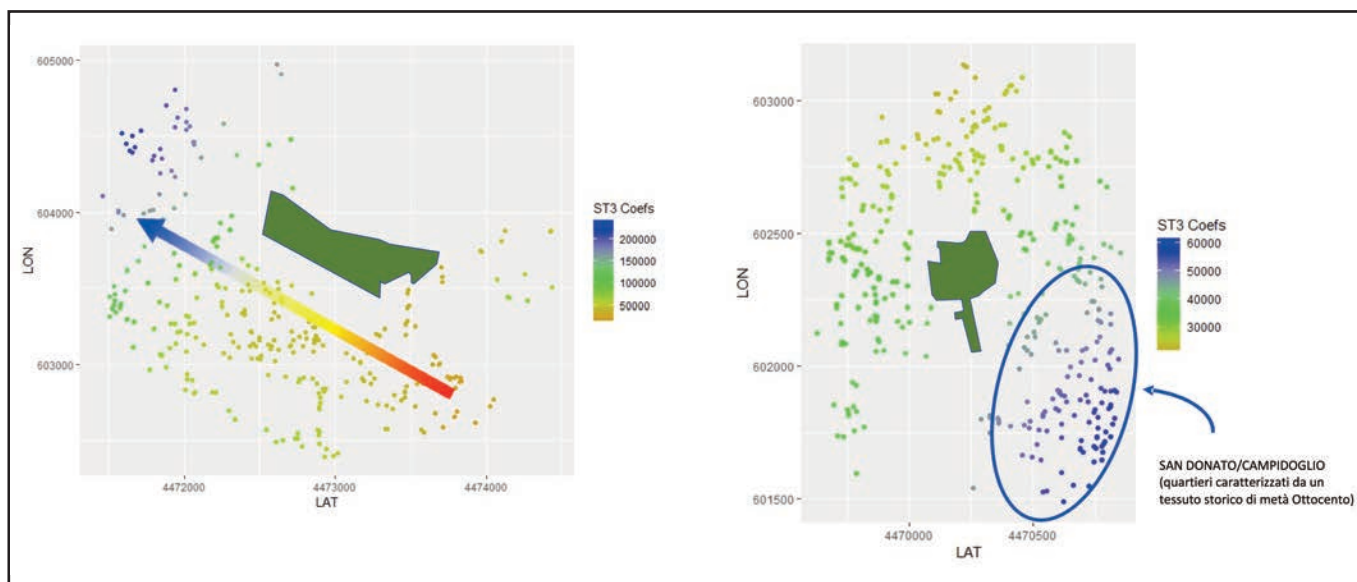


Figura 6 - Stime GWR per la variabile ST3 (sul lato sinistro del grafico sono rappresentate le abitazioni situate in prossimità del Parco del Valentino, mentre sul lato destro sono rappresentate le abitazioni situate in prossimità del Parco Dora).

Per quanto riguarda la variabile SG3 (che identifica le abitazioni di lusso), dall'analisi emerge che l'elasticità media tra le due aree indagate è abbastanza simile: € 148.527,27 per il Parco Dora e € 153.801,15 per il Parco del Valentino. Tuttavia, sulla base della mappatura dei coefficienti locali, si possono trarre interessanti conclusioni. Come già accennato nella Sezione 2, la zona adiacente al Parco Dora è stata oggetto di un significativo e complesso intervento di rigenerazione urbana, che ha portato alla riqualificazione della quasi totalità del patrimonio edilizio e a un aumento dei valori di mercato degli immobili. Questo fenomeno è particolarmente evidente nell'area nord-est del Parco. Il modello GWR ha permesso di individuare i nuovi interventi di sviluppo immobiliare a destinazione residen-

ziale intorno al parco, come il progetto «Le Isole del Parco» dello studio di architettura Isolarchitetti, realizzato in concomitanza con la creazione del Parco Dora. Il progetto prevedeva la costruzione di otto blocchi a destinazione prevalentemente residenziale, posti su una piastra sopraelevata di 6 metri rispetto al piano stradale. Le scelte architettoniche e la scelta dei materiali conferiscono agli isolati una identità urbana distintiva. Come si è detto nella Sezione 2, il contesto urbano in cui si inserisce il Parco del Valentino è totalmente diverso. L'area è caratterizzata dalla presenza di edifici storici, dalle finiture di pregio, ed è attraversata da due importanti assi viari: Corso Massimo D'Azeglio e Corso Guglielmo Marconi. Come mostrato nella Figura 7, le elasticità della variabile SG3 determinate

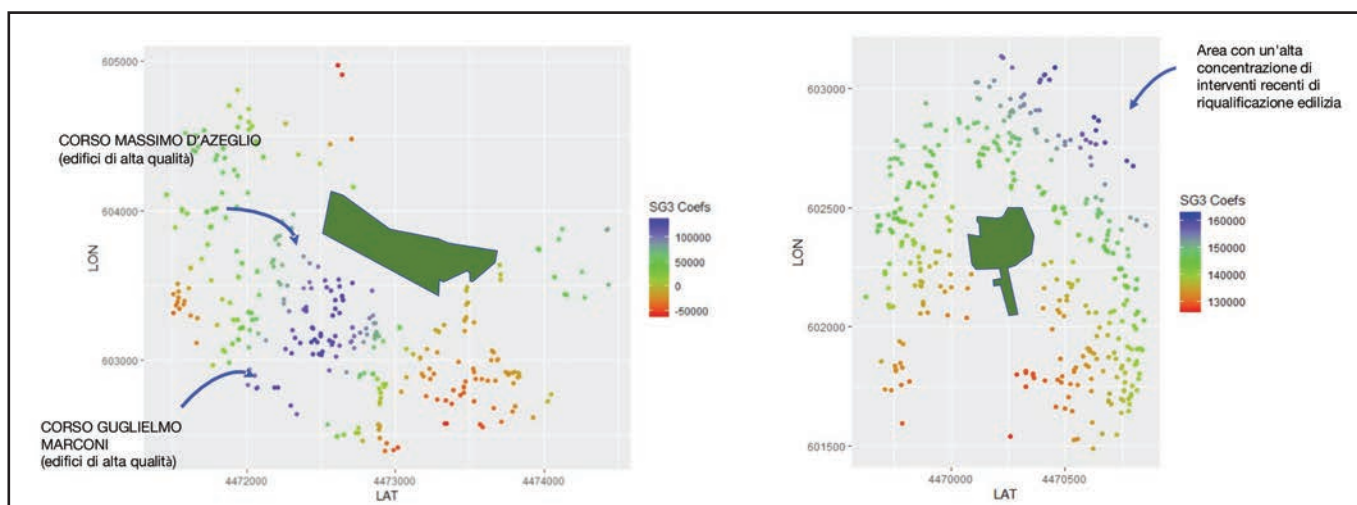


Figura 7 - Stime GWR per la variabile SG3 (sul lato sinistro del grafico sono rappresentate le abitazioni situate in prossimità del Parco del Valentino, mentre sul lato destro sono rappresentate le abitazioni situate in prossimità del Parco Dora).

Il valore dei parchi urbani nella città di Torino: un'applicazione della Geographically Weighted Regression

tramite l'implementazione del modello GWR testimoniano la rilevanza degli edifici situati lungo questi assi stradali. Corso Massimo d'Azeglio è considerato da sempre una delle vie più eleganti di Torino, data la sua vicinanza alle rive del Po, al Parco del Valentino e alla collina. Tuttavia, a causa di interventi di speculazione edilizia, Corso Massimo d'Azeglio ha perso gran parte dei palazzi ottocenteschi un tempo presenti. Tuttavia grazie alla sua posizione privilegiata, la zona di Corso Massimo d'Azeglio è sempre stata abitata dall'alta borghesia e dalla classe dirigente. Tra i viali più antichi e affascinanti del quartiere di San Salvario e dell'intera città, è necessario citare il Corso Guglielmo Marconi, che offre una bella vista sul Castello del Valentino e ospita edifici storici di prestigio.

6. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro, la GWR è stata impiegata per stimare il valore dei parchi urbani. In particolare, sono stati presi in considerazione due parchi della città di Torino: il Parco del Valentino e il Parco Dora. Tali parchi sono situati in contesti urbani diversi e contraddistinti da differente qualità degli edifici e presenza di infrastrutture.

I risultati del modello di stima mostrano che esiste un effetto di prossimità tra i parchi urbani e i prezzi delle abitazioni. Tale effetto è più evidente per il Parco Dora, che si trova in un'area periferica della città e ha subito un profondo processo di rigenerazione urbana negli ultimi anni e si riflette trend crescente dei prezzi degli im-

Tabella 2 - Stime della GWR per il Parco Dora in euro

Variabile	Media	Deviazione Standard	Minimo	Massimo	Range	Quartile inferiore	Mediana	Quartile superiore
Intercetta	-81757,36	5406,35	-89693,14	-72351,55	17341,59	-87542,10	-80475,28	-76907,93
SURF	2222,15	23,87	2187,69	2256,61	68,92	2198,38	2222,25	2245,74
PIANO	210,47	213,51	-258,16	665,75	923,91	74,18	163,10	388,90
ELV	14977,19	1858,52	11590,42	17885,21	6294,79	13146,69	15530,21	16655,51
BOX	-645,52	3514,37	-6481,57	7469,80	13951,37	-3085,03	-1809,71	2174,88
ELA	68014,54	5794,20	54956,65	80185,40	25228,75	64591,64	66314,97	73196,33
ELB	29322,14	9789,60	7478,08	43876,13	36398,05	21489,24	32953,85	36935,73
ELC	17113,69	1729,03	14749,18	19599,06	4849,88	15425,81	17182,44	18832,43
ELD	4277,71	1692,90	1870,97	7941,62	6070,65	2671,10	3761,61	5728,60
ELE	4418,75	1525,28	2878,55	8288,09	5409,54	3182,02	3667,19	5579,87
ELF	-711,59	183,35	-1451,72	-348,20	1103,52	-773,32	-697,91	-569,70
ST1	1335,20	675,56	204,87	3103,41	2898,54	819,01	1202,41	1731,47
ST2	14775,67	617,20	13460,30	16388,79	2928,49	14375,09	14685,83	15190,98
ST3	42041,18	3654,60	36787,94	49903,72	13115,78	39077,37	40607,14	45292,64
SG1	1070,30	904,90	-942,63	3495,91	4438,54	316,11	1411,72	1630,20
SG2	39930,05	2435,24	34302,93	45999,47	11696,55	38014,20	40248,17	41894,63
SG3	148527,27	2591,94	142970,09	153733,18	10763,09	146210,41	149175,92	150306,51
Y2	-19302,15	6932,73	-32843,59	-11218,85	21624,75	-25990,50	-16372,19	-13137,79
Y3	-2576,66	2739,12	-8086,91	2996,42	11083,33	-4861,63	-2964,94	395,16
Y4	-27527,91	4078,18	-34540,96	-21204,10	13336,86	-31093,06	-28733,55	-23176,56
Y5	-20693,25	2670,11	-26503,24	-14415,76	12087,48	-23072,94	-20263,64	-18449,62

-2 log-likelihood: 17.752,928374 Livelli di riferimento delle variabili dummy codificate: ELG, ST0, SG0, Y1

Classico AIC: 17.814,921836

AICc: 17.817,809141

BIC/MDL: 17.956,820573

CV: 3608525351,17

R²: 0,775403

R² adattato: 0,763217

Tabella 3 - Stime della GWR per il Parco del Valentino in euro

Variabile	Media	Deviazione Standard	Minimo	Massimo	Range	Quartile inferiore	Mediana	Quartile superiore
Intercetta	-120217,05	38288,74	-188517,45	-65563,67	122953,78	-157416,48	109265,54	-86130,98
SURF	2865,39	261,41	2468,69	3658,26	1189,57	2642,25	2797,64	3071,51
PIANO	166,22	5497,21	-10540,06	9441,27	19981,33	-3755,69	-612,87	5524,96
ELV	3929,13	17591,56	-49302,97	26327,25	75630,23	-11490,33	9262,32	19086,25
BOX	7235,84	16655,23	-19751,46	76770,73	96522,19	-3386,49	6003,90	12965,21
ELA	91593,66	65363,73	15473,50	265409,17	249935,67	30610,40	73837,67	146106,30
ELB	31547,87	17859,50	-25772,02	102012,57	127784,59	22746,91	26967,13	33897,94
ELC	14817,82	10831,02	-10597,37	51266,16	61863,53	8133,25	16843,71	22674,31
ELD	7046,40	12861,60	-19478,54	60790,38	80268,92	-4582,97	6830,06	15412,57
ELE	7964,94	7128,10	-24421,55	27202,84	51624,39	4205,98	8484,45	12571,58
ELF	7090,93	11411,24	-6052,58	55259,29	61311,86	-2515,46	3038,10	15191,22
ST1	10304,98	6280,61	-21433,21	18832,75	40265,96	8508,44	11327,08	13640,97
ST2	29236,20	8131,28	12255,85	45746,25	33490,40	22929,14	31400,19	35957,36
ST3	40468,83	20398,57	-30165,98	70519,95	100685,93	35064,86	47113,78	53743,13
SG1	10874,23	6780,43	-12574,24	46040,76	58615,00	8471,71	9555,92	12258,13
SG2	38405,54	12995,44	23023,17	89801,19	66778,01	28145,40	33377,58	46662,22
SG3	153801,15	66823,01	80491,24	304085,37	223594,14	91622,35	133818,19	207295,20
Y3	6538,93	22180,17	-28840,83	50936,81	79777,64	-13497,02	262,77	26638,67
Y4	12938,22	33366,04	-32561,50	80452,54	113014,04	-18390,74	5037,10	43984,98
Y5	22047,13	14914,41	317,30	51010,86	50693,56	8800,09	19271,76	36420,41

-2 log-likelihood: 18.227,476753 Livelli di riferimento delle variabili dummy codificate: ELG, ST0, SG0, Y2
 Classico AIC: 18.392,174710
 AICc: 18.413,702797
 BIC/MDL: 18.769,385664
 CV: 7550720199,55
 R²: 0,884809
 R² adattato: 0,864199

mobili situati in prossimità nell'area del parco stesso, a conferma delle ipotesi di ricerca del presente studio.

Oltre alle note funzioni estetiche e ricreative, le aree verdi contribuiscono a mitigare l'inquinamento delle diverse matrici ambientali (aria, acqua, suolo), a migliorare il microclima delle città e a preservare la biodiversità. Tuttavia, ad oggi, a causa della natura di bene pubblico delle aree verdi, queste funzioni e i relativi benefici sono scarsamente considerate nelle politiche di gestione degli spazi aperti e, più in generale, di pianificazione urbana.

In passato, le aree verdi urbane sono state considerate nei processi di pianificazione attraverso indicatori specifici, volti ad analizzare la disponibilità aree verdi e le loro diverse tipologie.

Le informazioni che possono essere evinte dall'analisi dei risultati sono utili per valutare la dotazione potenziale di spazi verdi nelle città, garantire il rispetto degli standard ur-

banistici richiesti dalle normative nazionali. Tuttavia, sono poco informativi sia sul reale contributo di questo «capitale naturale» alla sostenibilità urbana, sia sui benefici generati i termini di mantenimento dell'equilibrio ecologico e di sviluppo socio-culturale ed economico della città.

Nel presente lavoro è stata sperimentata una metodologia utile a internalizzare il valore ambientale delle aree verdi nelle procedure di definizione degli standard urbani e, più in generale, nelle politiche di governo del territorio.

Partendo dai risultati qui ottenuti, le future attività di ricerca potrebbero essere incentrate sulla valutazione del valore economico totale dei parchi oggetto di studio. Tale concetto valore potrebbe essere utilizzato in una prospettiva di analisi costi-benefici per confrontare i costi dei progetti di rigenerazione urbana e i relativi benefici, supportando così in modo più informato i processi decisionali pubblici.

Il valore dei parchi urbani nella città di Torino: un'applicazione della Geographically Weighted Regression

Un ulteriore lavoro potrebbe essere condotto anche per indagare gli effetti della variabile temporale sulle stime in modo più sofisticato, ad esempio attraverso la Geographical and Temporal Weighted Regression (Huang et al. 2010).

Infine, sarebbe di interesse scientifico sviluppare ulteriori stime su panel di dati per validare le stime, verificare la robustezza dei risultati e la presenza e gli effetti di potenziali distorsioni (Wooldridge, 2010).

* **Marta Bottero**, Politecnico di Torino, Dipartimento di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST)

e-mail: marta.bottero@polito.it

** **Paolo Bragolusi**, EDRASIS GROUP

e-mail: bragolusi.p@gmail.com

*** **Marina Bravi**, Politecnico di Torino, Dipartimento di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST)

e-mail: marina.bravi@polito.it

**** **Chiara D'Alpaos**, University of Padua, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ediale e Ambientale (DICEA)

e-mail: chiara.dalpaos@unipd.it

***** **Federico Dell'Anna**, Politecnico di Torino, Dipartimento di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST)

e-mail: federico.dellanna@polito.it

Bibliografia

ABBASOV J., *The estimation of selling possibility of houses*, Asian Journal of Civil Engineering, 19 (7), 2018, pp. 827-837.

ANSELIN L., *Spatial Econometrics: Methods and Models*, 1988, Springer, Berlin.

BITTER C., MULLIGAN G.F., DALL'ERBA S., *Incorporating spatial variation in housing attribute prices: A comparison of geographically weighted regression and the spatial expansion method*, Journal of Geographical Systems, vol. 9, no. 1, 2007, pp. 7-27.

BOURASSA S.C., HOESLI M., PENG, V.S., *Do housing submarkets really matter?*, Journal of Housing Economics, vol. 12, no. 1, 2003, pp. 12-28.

BOTTERO M., BRAGOLUSI P., BRAVI M., D'ALPAOS C., DELL'ANNA F., *Il valore dei servizi ecosistemici culturali delle aree verdi urbane: applicazione di un modello edonimetrico spaziale per la città di Torino*. XXII Congresso Nazionale Associazione Italiana di Valutazione (AIV) "La cultura della valutazione: diffusione e traiettorie di sviluppo", Aprile 1-3 2019, Venezia (Italia).

BOTTERO M., CAPRIOLI C., FOTH M., MITCHELL P., RITTENBRUCH M., SANTANGELO M., *Urban parks, value uplift and green gentrification: An application of the spatial hedonic model in the city of Brisbane*, Urban Forestry and Urban Greening, vol. 74, 2022, art. no. 127618.

BOTTERO M., BRAVI M., CAPRIOLI C., DELL'ANNA F., *Combining Revealed and Stated Preferences to design a new urban park in a metropolitan area of North-Western Italy*, Ecological Modelling, vol. 483, 2023, art. No. 110436.

BOWMAN A. W., *An Alternative Method of Cross-Validation for the Smoothing of Density Estimates*, Siometrika, vol. 71, 1984, pp. 353-60.

BRUNSDON C., FOTHERINGHAM A.S., CHARLTON M.E., *Geographically weighted regression: a method for exploring*

spatial nonstationarity, Geographical Analysis, vol. 28, no. 4, 1996, pp. 281-298.

BUJANDA, A., FULLERTON T.M., *Impacts of transportation infrastructure on single-family property values*, Applied Economics, vol. 49, no. 51, 2017, pp. 5183-5199.

CAN A., *The measurement of neighborhood dynamics in urban house prices*, Economic Geography, vol. 66, no. 3, 1990, pp. 254-272.

CASETTI E., *Generating models by the expansion method: Applications to geographic research*, Geographical Analysis, vol. 4, 1972, pp. 81-91.

CHEN W.Y., LI X., HUA J., *Environmental amenities of urban rivers and residential property values: A global meta-analysis*, Science of the Total Environment, vol. 693, art. no. 133628, 2019.

CHINLOY P., *Jobs, location, and real estate*, The Journal of Real Estate Finance and Economics, vol. 4, no. 1, 1991, pp. 33-47.

CITTÀ DI TORINO, *Piano Strategico dell'Infrastruttura Verde*, 2021.

CLEVELAND W.S., *Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots*, Journal of the American Statistical Association, vol. 74, 1979, pp. 829-36.

D'ALPAOS C., ANDREOLLI F., *Urban quality in the city of the future: A bibliometric multicriteria assessment model*, Ecological Indicators, 117, 2020, 106575.

DELL'ANNA F., BOTTERO M., BRAVI M., *Geographically Weighted Regression Models to Investigate Urban Infrastructures Impacts*. In: Gervasi, O., et al. Computational Science and Its Applications – ICCSA 2021. ICCSA 2021. Lecture Notes in Computer Science(), vol. 12955. Springer, Cham, pp. 599-613.

DELL'ANNA F., BRAVI M., BOTTERO M., *Urban Green infrastructures: How much did they affect property prices in Singapore?* Urban Forestry and Urban Greening, vol. 68, 2022, art. no. 127475.

ESPEY M., LOPEZ H., *The impact of airport noise and*

proximity on residential property values, *Growth and Change*, vol. 31, no. 3, 2000, pp. 408-419.

FARBER S., YEATES M., *A Comparison of Localized Regression Models in a Hedonic House Price Context*, *Canadian Journal of Regional Science*, vol. 29, no. 3, 2006, pp. 405-420.

HUANG B., WU B., BARRY M., *Geographically and Temporally Weighted Regression for Modeling Spatiotemporal Variation in House Prices*, *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 24, 2010, pp. 383-401.

LANCASTER K., *A New Approach to Consumer Theory*, *Journal of Political Economy*, vol. 74, 1966, pp. 132-57.

LI X., D'ALPAOS C., BRAGOLUSI P., FAN G., *The Capitalization of Geomantic Attributes: Evidence from the Housing Market in Guangzhou*, *Valori e Valutazioni*, vol. 33, 2023, pp. 31-46.

KIM H.S., LEE G.E., LEE J.S., CHOI Y., *Understanding the local impact of urban park plans and park typology on housing price: A case study of the Busan metropolitan region, Korea*, *Landscape and Urban Planning*, vol. 184, 2019, pp. 1-1.

MANGANELLI B., PONTRANDOLFI P., AZZATO A., MURGANTE B., *Using geographically weighted regression for housing market segmentation*, *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, vol. 9, no. 2, 2014, pp. 161-177.

MASSIMO D.E., DEL GIUDICE V., DE PAOLA P., FORTE F., MUSOLINO M., MALERBA, A., *Geographically weighted regression for the post carbon city and real estate market analysis: A case study*, in Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds.), *New Metropolitan Perspectives*. ISHT 2018, *Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 100. Springer, Cham, 2019.

MELICHAR J., KAPROVÁ K., *Revealing preferences of Prague's homebuyers toward greenery amenities: The empirical evidence of distance-size effect*, *Landscape and Urban Planning*, vol. 109, no. 1, 2013, pp. 56-66.

MITTAL J., BYAHUT S., *Scenic landscapes, visual accessibility and premium values in a single family housing market: A spatial hedonic approach*, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, vol. 46, no. 1, 2017, pp. 66-83.

MURKIN K., SHIODE N., SHIODE, S., KIDD D., *Biodiversity and the Recreational Value of Green Infrastructure in England*, *Sustainability*, vol. 15, 2023, no. 2915.

PÁEZ A., *Local Analysis of Spatial Relationships: A Comparison of GWR and the Expansion Method*, in Gervasi O., et al. (eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2005*, *ICCSA 2005, Lecture Notes in Computer Science*, vol 3482, 2005, Springer, Berlin, Heidelberg.

PARK J.H., LEE D.K., PARK C., KIM H.G., JUNG T.Y., KIM S., *Park accessibility impacts housing prices in Seoul*, *Sustainability*, vol. 9, no. 2, art. no. 185, 2017.

PAYTON S., LINDSEY G., WILSON J., OTTENSMAJN J.R. & MAN J., *Valuing the benefits of the urban forest: A spatial hedonic*

approach, *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 51, no. 6, 2008, pp. 717-736.

PEARCE D., Atkinson G., Mourato S., *Cost-benefit analysis and the environment: Recent developments*. OECD, Paris, 2006.

ROSEN S., *Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition*, *The Journal of Political Economy*, vol. 82, no. 1, 1974, pp. 34-55.

RYMARZAK M., SIEMI SKA E., *Factors affecting the location of real estate*, *Journal of Corporate Real Estate*, vol. 14, no. 4, 2012, pp. 214-225.

SAENKO I., KUSHINA E., PUKHOVA V., *Verification of the dependence of factors determining the market value of residential real estate at the stages of the life cycle*, *MATEC Web of Conferences*, 2018.

SCHNARE A.B., STRUYK R.J., *Segmentation in urban housing markets*, *Journal of Urban Economics*, vol. 3, no. 2, 1976, pp. 146-166.

STESSENS, P., KHAN, A. Z., HUYSMANS, M., CANTERS, F. *Analysing urban green space accessibility and quality: A GIS-based model as spatial decision support for urban ecosystem services in Brussels*. *Ecosystem Services*, vol. 28, 2017, pp. 328-340.

SYLLA M., LASOTA T., SZEWRANSKI S., *Valuing Environmental Amenities in Peri-Urban Areas: Evidence from Poland*, *Sustainability*, vol. 11, 2019, no. 570.

TANG Q., XU W., AI F., *Spatial pattern and structural determinants of Shanghai's housing price: A GWR-based approach*, *Proceedings - 2011 19th International Conference on Geoinformatics*, *Geoinformatics*, 2011.

THEURILLAT T., RÉRAT P., CREVOISIER O., *The real estate markets: Players, institutions and territories*, *Urban Studies*, vol. 52, no. 8, 2015, pp. 1414-1433.

WANG C. H., CHEN N., *A geographically weighted regression approach to investigating local built environment effects on home prices in the housing downturn, recovery, and subsequent increases*, *Journal of Housing and the Built Environment*, vol. 35, 2020, pp. 1283-1302.

WANG B., HE S., MA W., *Does Park Size Affect Green Gentrification? Insights from Chongqing, China*, *Sustainability*, vol. 14, 2022, no. 9916.

WILHELMSSON M., *The impact of traffic noise on the values of single-family houses*, *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 43, no. 6, 2000, pp. 799-815.

WOOLDRIDGE J.M., *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, MIT press, 2010.

WU C., YE X., REN F., WAN Y., NING P., DU Q., *Spatial and social media data analytics of housing prices in Shenzhen, China*, *PLoS ONE*, vol. 11, no. 10, art. no. e0164553, 2016.

WU C., DU Y., LI S., LIU P., YE X., *Does visual contact with green space impact housing prices An integrated approach of machine learning and hedonic modeling based on the perception of green space*, *Land Use Policy*, vol. 115, 2022, no. 106048.

Il valore dei parchi urbani nella città di Torino: un'applicazione della Geographically Weighted Regression

APPENDICE

Tabella A.1 - Analisi statistica descrittiva dei set di dati relativi alle proprietà adiacenti al Parco Dora. Le variabili con * sono considerate di riferimento ed escluse dal modello

Variabile	Minimo	Massimo	Media	Mediana	Deviazione standard
Superficie (SURF)	18,00	310,00	80,17	75,00	35,94
Piano (FLOOR)	0,00	10,00	2,84	3,00	2,09
Ascensore (ELV)	0,00	1,00	0,65	1,00	0,48
Box auto (BOX)	0,00	1,00	0,17	0,00	0,37
Etichetta energetica A (ELA)	0,00	1,00	0,03	0,00	0,16
Etichetta energetica B (ELB)	0,00	1,00	0,04	0,00	0,19
Etichetta energetica C (ELC)	0,00	1,00	0,11	0,00	0,31
Etichetta energetica D (ELD)	0,00	1,00	0,21	0,00	0,41
Etichetta energetica E (ELE)	0,00	1,00	0,18	0,00	0,38
Etichetta energetica F (ELF)	0,00	1,00	0,16	0,00	0,36
Etichetta energetica G (ELG)*	0,00	1,00	0,28	0,00	0,45
Stato di manutenzione 0 (ST0)	0,00	1,00	0,12	0,00	0,32
Stato di manutenzione 1 (ST1)	0,00	1,00	0,40	0,00	0,49
Stato di manutenzione 2 (ST2)	0,00	1,00	0,38	0,00	0,48
Stato di manutenzione 3 (ST3)	0,00	1,00	0,10	0,00	0,31
Segmento di mercato 0 (SG0)*	0,00	1,00	0,17	0,00	0,38
Segmento di mercato 1 (SG1)	0,00	1,00	0,54	1,00	0,50
Segmento di mercato 2 (SG2)	0,00	1,00	0,27	0,00	0,44
Segmento di mercato 3 (SG3)	0,00	1,00	0,02	0,00	0,15
Anno di pubblicazione 2014 (Y1)*	0,00	1,00	0,00	0,00	0,06
Anno di pubblicazione 2015 (Y2)	0,00	1,00	0,03	0,00	0,18
Anno di pubblicazione 2016 (Y3)	0,00	1,00	0,67	1,00	0,47
Anno di pubblicazione 2017 (Y4)	0,00	1,00	0,07	0,00	0,26
Anno di pubblicazione 2018 (Y5)	0,00	1,00	0,22	0,00	0,42
Prezzo di offerta (PRO)	22.500,00	1.100.000,00	128.840,76	90.000,00	117.483,27

Tabella A.2 - Analisi statistica descrittiva dei dataset delle proprietà adiacenti al Parco del Valentino. Le variabili con * sono considerate di riferimento ed escluse dal modello

Variabile	Minimo	Massimo	Media	Mediana	Deviazione standard
Superficie (SURF)	30,00	450,00	107,79	95,00	57,99
Livello del pavimento (FLOOR)	0,00	10,00	2,48	2,00	1,83
Ascensore (ELV)	0,00	1,00	0,76	1,00	0,43
Box auto (BOX)	0,00	2,00	0,20	0,00	0,45

*Segue Tabella A.2 - Analisi statistica descrittiva dei dataset delle proprietà adiacenti al Parco del Valentino. Le variabili con * sono considerate di riferimento ed escluse dal modello*

Segue Tabella A.2 - Analisi statistica descrittiva dei dataset delle proprietà adiacenti al Parco del Valentino.
Le variabili con * sono considerate di riferimento ed escluse dal modello

Variabile	Minimo	Massimo	Media	Mediana	Deviazione standard
Etichetta energetica A (ELA)	0,00	1,00	0,05	0,00	0,22
Etichetta energetica B (ELB)	0,00	1,00	0,05	0,00	0,22
Etichetta energetica C (ELC)	0,00	1,00	0,14	0,00	0,35
Etichetta energetica D (ELD)	0,00	1,00	0,21	0,00	0,41
Etichetta energetica E (ELE)	0,00	1,00	0,18	0,00	0,39
Etichetta energetica F (ELF)	0,00	1,00	0,16	0,00	0,37
Etichetta energetica G (ELG)*	0,00	1,00	0,20	0,00	0,40
Stato di manutenzione 0 (ST0)*	0,00	1,00	0,10	0,00	0,30
Stato di manutenzione 1 (ST1)	0,00	1,00	0,33	0,00	0,47
Stato di manutenzione 2 (ST2)	0,00	1,00	0,46	0,00	0,50
Stato di manutenzione 3 (ST3)	0,00	1,00	0,10	0,00	0,31
Segmento di mercato 0 (SG0)*	0,00	1,00	0,06	0,00	0,24
Segmento di mercato 1 (SG1)	0,00	1,00	0,33	0,00	0,47
Segmento di mercato 2 (SG2)	0,00	1,00	0,55	1,00	0,50
Segmento di mercato 3 (SG3)	0,00	1,00	0,06	0,00	0,23
Anno di pubblicazione 2015 (Y2)*	0,00	1,00	0,02	0,00	0,15
Anno di pubblicazione 2016 (Y3)	0,00	1,00	0,63	1,00	0,48
Anno di pubblicazione 2017 (Y4)	0,00	1,00	0,06	0,00	0,24
Anno di pubblicazione 2018 (Y5)	0,00	1,00	0,28	0,00	0,45
Prezzo di offerta (PRO)	19000,00	1800000,00	277982,14	220000,00	220301,56

Tabella A.3 - Risultati del modello di regressione ai minimi quadrati ordinari (OLS) per il Parco Dora

Variabile	Coefficiente	Errore std.	t
Intercetta	-69.450,61***	8.381,60	-8,286
Superficie (SURF)	2.225,15***	65,19	34,134
Ascensore (ELV)	16.722,76***	4.786,81	3,494
Stato di manutenzione 2 (ST2)	16.072,20***	4.676,77	3,437
Stato di manutenzione 3 (ST3)	62.762,18***	7.856,87	7,988
Segmento di mercato 2 (SG2)	37.154,16***	5.328,14	6,973
Segmento di mercato 3 (SG3)	153.651,85***	15.033,03	10,221
Distanza dal Parco Dora (DIST_PD)	-20,20*	9,14	-2,210
Anno di pubblicazione 2017 (Y4)	-24.465,28**	8.518,79	-2,919
Anno di pubblicazione 2018 (Y5)	-18.784,84***	5.248,56	-3,579
Errore standard residuo	57.650 su 709 gradi di libertà		
Multiplo R ²	0,7623	R ² adattato	0,7592
Statistica F	252,6 su 9 e 709 gradi di libertà		
Significatività: 0***) . 0,00**) . 0,01(*)			

Il valore dei parchi urbani nella città di Torino:
un'applicazione della Geographically Weighted Regression

Tabella A.4 - Risultati del modello di regressione ai minimi quadrati ordinari (OLS) per il Parco Dora

Variabile	Coefficiente	Errore std.	t
Intercetta	-85.951,73***	18.949,22	-4,536
Superficie (SURF)	3.274,40***	107,20	30,544
Stato di manutenzione 3 (ST3)	92.329,17***	19.029,50	4,852
Segmento di mercato 3 (SG3)	123.246,93***	22.769,62	5,413
Distanza dal Parco del Valentino (DIST_PV)	54,15*	24,86	2,178
Errore standard residuo		120.100 su 355 gradi di libertà	
Multiplo R²	0,7641	R² adattato	0,7614
Statistica F		287,5 su 4 e 355 gradi di libertà	
Significatività: 0(***) . 0,00(**) . 0,01(*)			

