valori
e valutazioni
teorie ed esperienze

Società Italiana di Estimo e Valutazione

Localization Effects of Public Real Estate in Urban Contexts: Externalities, Capitalization into Property Values, and Planning Implications

Lorenzo Ceccarelli[1,*], Simone Rusci[1], Alessandro Farina[2], Massimo Rovai[2], Dario Musolino[3]

[1] Department of Energy, Systems, Territory and Construction Engineering, University of Pisa, Largo Lucio Lazzarino 1, 56122 Pisa, Italy; lorenzo.ceccarelli1@phd.unipi.it; simone.rusci@unipi.it
[2] Department of Civil and Industrial Engineering, University of Pisa, Largo Lucio Lazzarino 1, 56122 Pisa, Italy; massimo.rovai@unipi.it, alessandro.farina@unipi.it
[3] Department of Economic and Political Sciences, University of Valle d'Aosta, Strada Cappuccini 2A, 11100 Aosta, Italy; GREEN (Geography, Resources, Environment, Energy & Networks), Università Bocconi, Via Roentgen 1, 20136 Milano, Italia; d.musolino@univda.it
* corresponding author

Keywords

public real estate; localization effects; urban externalities; real estate market; spatial econometrics; urban governance

Abstract

Assessing the effects generated by urban transformation projects, and particularly by the relocation of public functions, is crucial for measuring their effectiveness in terms of built-environment quality and economic outcomes. This paper proposes a procedural framework, structured into replicable phases, to estimate localization effects and their potential capitalization into property values through quantitative indicators. The research was developed within a scientific collaboration between the University of Pisa and the Italian State Property Agency (Agenzia del Demanio). The proposed approach integrates a demand–supply matching model, aimed at characterizing territorial pressures and urban facilities, with a Spatial Autoregressive (SAR) econometric model, specifically designed to account for the spatial dependence that characterizes real estate markets. The methodology is applied to a micro-scale urban area in the city of Cagliari (Italy), using ISTAT census sections as the unit of analysis. The property value function is estimated using residential values provided by the Italian Real Estate Market Observatory (OMI), while the explanatory variables—expressed on Likert scales—capture socio-economic, mobility, infrastructural, architectural, and environmental dimensions. After estimating the price function under pre-intervention conditions, two post-intervention scenarios were simulated by updating the contextual variables affected by the relocation project. The results demonstrate that the economic outcomes of public-function relocation depend significantly on accompanying urban policies and mitigation measures. More broadly, the findings suggest that the proposed framework provides a robust tool for ex-ante and ex-post evaluations, supporting evidence-based public decision-making in urban regeneration and public real estate management processes.

1. Introduction

In the international debate on cities and urban transformations, public real estate assets are not merely a heterogeneous set of property holdings (administrative buildings, schools, healthcare facilities, cultural and sports infrastructures, service premises, and disused complexes). Owing to their spatial value, symbolic visibility, and capacity to organize flows, they can be regarded as genuine spatial actors. In other words, they operate as territorial devices that concentrate and redistribute accessibility, centrality, and opportunities, thereby shaping demand and supply configurations within real estate markets and influencing trajectories of urban change. This perspective, which positions public assets at the intersection of urban economics, spatial planning, and valuation, allows the location - or relocation - of public functions to be interpreted not simply as a logistical or asset-management decision, but rather as a choice capable of generating diffuse effects and localized impacts in economic, social, and environmental terms (Brueckner, 2011). More generally, urban economic theory conceptualizes the city as a system of spatial interdependencies in which households and firms make locational decisions by balancing costs (rents, travel times, congestion, and disamenities) against benefits (access to services, urban quality, proximity to networks and markets, and collective facilities). Within this framework, public services and amenities constitute integral components of both utility functions and local production conditions; they contribute to defining the territorial bundle consumed by individuals when deciding where to live and invest. A key consideration is that such amenities are often characterized by non-excludability and, at least partially, by non-rivalry, i.e., the defining properties of public goods. These characteristics have direct implications for preference formation, residential demand, and competition among places (Ostrom, 1990; Tiebout, 1956). In particular, Tiebout's seminal insight - despite its well-known assumptions regarding mobility and information- demonstrated that the quality and quantity of local public services may influence location demand to the extent that they become capitalized into property values (Tiebout, 1956; Brueckner, 2011). Against this background, the concept of localization effects may be defined as the set of variations (either expected or observed) induced by the presence, functional transformation, or spatial redistribution of a public asset or service within a territorial context through channels such as accessibility, reputation, perceived safety, environmental quality, intensity of public-space use, investment attractiveness, and land-use change. These variations manifest both in measurable forms - such as changes in prices and rents, market absorption rates, business composition, and pedestrian and vehicular flows - and in less readily monetizable forms, including social cohesion, inclusion, urban well-being, and place identity. The conceptual element connecting these dimensions is the notion of externalities: whenever public action, or the mere existence of a public good, generates costs or benefits affecting third parties that are not fully mediated by market prices, external effects arise that alter both welfare distribution and, frequently, the very configuration of urban markets. From a valuation perspective, a well-established result in economic literature is that, under sufficiently informed and competitive conditions, real estate markets tend to incorporate a wide range of attributes into property prices, including structural characteristics, contextual quality, accessibility, amenities, and disamenities. The hedonic pricing model formalized this intuition by demonstrating that observed prices can be interpreted as functions of attributes and that implicit prices for individual characteristics can be derived from such functions (Rosen, 1974). This leads to an important methodological implication: if public real estate assets generate positive or negative externalities affecting locational quality, part of these effects may be capitalized into surrounding property values. However, because such effects propagate through space, their estimation requires particular attention. Real estate prices are not independent observations; rather, they frequently exhibit spatial autocorrelation - where nearby units tend to display similar values - and spillover effects, whereby changes in one location influence adjacent areas. Ignoring this structure may result in biased estimates and unreliable inference. For this reason, spatial econometrics has become an indispensable tool in territorial impact analysis, providing methods to model spatial dependence and feedback mechanisms (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009). At the same time, approaches such as Geographically Weighted Regression have highlighted how relationships among variables may

vary across space (spatial heterogeneity), an issue particularly relevant when analyzing public services whose impacts depend upon local urban and socio-economic structures (Fotheringham et al., 2002). Despite these advances, the literature addressing the relationship between public real estate and urban systems remains fragmented, making the construction of a unified analytical framework an important research challenge. On the one hand, a substantial body of literature estimates the effects of individual amenities - transport systems, green spaces, schools, safety, and services - on property values using hedonic approaches and, more recently, spatial econometric models. On the other hand, much of the research concerning public assets and urban transformation focuses on governance issues, asset management, financial instruments, and regeneration processes, without consistently translating such dynamics into comparable measures of localization impact or into models capable of disentangling competing causal mechanisms. When the object of analysis is a public building rather than a linear infrastructure or a diffuse amenity, additional complexities emerge. First, public assets often function as multifunctional containers that generate externalities through multiple simultaneous channels. Second, their effects may vary substantially depending on their use and management. Third, public intervention may modify contextual conditions - including public spaces, accessibility, safety, and complementary services - thus requiring a scenario-based rather than static analytical perspective. These complexities are increasingly acknowledged within contemporary evaluation frameworks, which advocate complementing econometric estimation with multidimensional interpretations incorporating environmental and socio-economic criteria. In this direction, benchmark-based approaches and externality assessment frameworks emphasize the need for evaluation systems capable of comparing alternatives and interventions through replicable indicators and metrics. Such requirements are embedded within a broader policy context in which sustainability and inclusion objectives promoted at global and supranational levels require urban transformations - including those involving public real estate assets - to demonstrate not only technical and economic feasibility but also consistency with sustainable development trajectories (United Nations, 2015) and with regulatory principles requiring public actions to avoid significant harm to environmental objectives (European Union, 2020).

The aim of this study is to develop and apply an analytical framework capable of systematically estimating the localization effects generated by the transformation and/or relocation of public real estate assets within urban contexts, with particular attention to how such effects translate into measurable territorial outcomes. The underlying theoretical and operational assumption is that public real estate, by virtue of its role as a spatially anchored function and the flows and services it generates, should not be regarded merely as the physical container of activities but rather as a generator of externalities. Some of these externalities are captured and capitalized by markets, notably through property values, as discussed in the following sections. Accordingly, this research is positioned at the intersection of urban economics, real estate valuation, and spatial planning, pursuing the primary objective of making the localization effects associated with the relocation - and, more generally, the functional transformation - of public assets measurable, comparable, and communicable. Building upon the framework proposed by Di Liddo et al. (2020), the study advances an approach capable of assessing ex ante, in quantitative terms, the effects that urban interventions may generate on property values by introducing four methodological innovations (i) the functional discretization of public real estate into Basic Functional Modules (BFMs) for estimating functional loads; (ii) a Demand–Supply Matching procedure that translates territorial pressures and amenities into independent variables for a spatial econometric model; (iii) the estimation of economic externalities through a Spatial Autoregressive (SAR) model, enabling the distinction between direct effects and spillovers; (iv) a scenario-based design consisting of Ex-Post Scenario 1 and Ex-Post Scenario 2, allowing the effects of relocation alone to be distinguished from those associated with accompanying compensatory policies.

Operationally, the proposed framework is intended to:

1. support the ex-ante selection of alternative locations or functional configurations;

2. simulate alternative ex-post scenarios by distinguishing the “pure” effect of relocation from the combined effect of relocation and improvement policies;
3. evaluate impacts through a coherent set of indicators suitable for decision-making processes, encompassing both physical-functional dimensions (demand and supply of facilities and mobility) and market dimensions (capitalization into property values through spatial econometric models).

The adoption of a scenario-based framework comprising (i) an ex-ante scenario, (ii) an ex-post scenario involving relocation under unchanged territorial conditions, and (iii) an ex-post scenario involving relocation combined with public improvement interventions is consistent with the notion that urban policies operate as localized treatments whose effects may be decomposed into direct and indirect (spillover) components. Such a distinction is particularly relevant when analyzing spatially dependent real estate markets (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009). A second and more explicitly scientific objective is to address two recurring shortcomings in the literature on localization effects. The first concerns the widespread use of location proxies - such as generic Euclidean distances - which fail to clarify the underlying causal mechanisms. The second concerns the separation between urban analysis (facilities, accessibility, functional coherence) and economic analysis (property prices), which are often treated as parallel rather than integrated domains. In contrast, the framework proposed here conceptualizes evaluation as a transmission chain: relocation modifies accessibility and usage intensity; these changes generate positive and negative externalities affecting mobility, services, and urban quality; some of these externalities are capitalized into property values, whereas others remain external to the market and require public interpretation (Baumol & Oates, 1988; LeSage & Pace, 2009). The proposed framework has been codified into a structured procedural protocol organized into sequential phases and has already been applied by a public administration within procurement procedures, with the objective of identifying urban areas where interventions should be prioritized according to the positive and negative effects they are expected to generate.

2. Methodology

This study adopts a methodological framework aimed at estimating and comparing the localization effects generated by the (re)location of a public function within the urban context, under the assumption that such effects arise from the interaction between the loads generated by the function (Demand) and the capacity of the surrounding context to absorb them (Supply). The conceptual framework is consistent with the DPSIR model (Drivers–Pressures–State–Impacts–Responses) developed by the Smeets & Weterings, (1999), as illustrated in Figure 1. Within this framework, the decisions and conditions motivating public intervention are interpreted as Drivers; the functional loads generated by the public function, represented by Demand, are conceptualized as Pressures; territorial amenities and facilities, corresponding to the supply provided by both the site and its surrounding context, constitute the State; the outcomes of the comparison between demand and supply, namely the effects generated by their interaction, are interpreted as Impacts; and, finally, the corrective or compensatory measures implemented to address such impacts are represented by Responses. The adoption of the DPSIR logic provides a structured analytical framework for understanding how public relocation interventions generate territorial effects and how such effects may be mitigated or enhanced through planning actions. In this perspective, localization effects are not interpreted as direct consequences of the intervention itself, but rather as the result of the interaction between the pressures generated by the relocated function and the carrying capacity of the urban environment in which it is embedded. From the standpoint of urban economics, the underlying assumption is that collective welfare and locational efficiency depend on the ability to allocate public resources in accordance with the spatial distribution of demand and the trade-offs between accessibility and location costs (Alonso, 1964; Fujita, 1989).

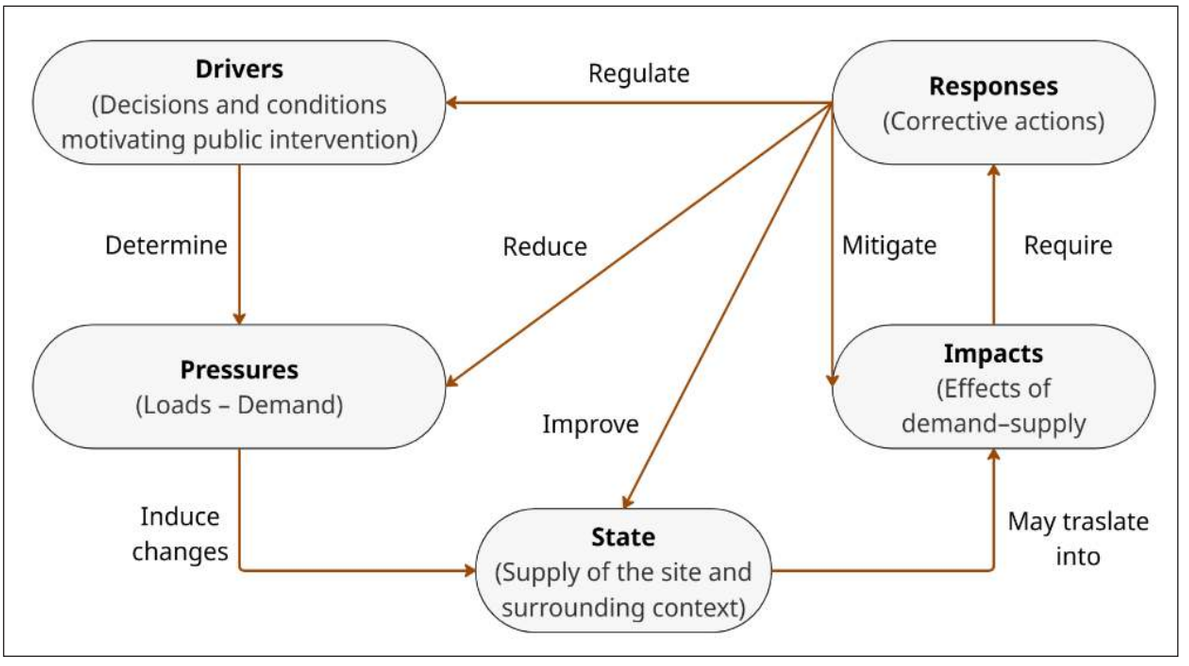


Figure 1. Conceptual Framework of the Proposed Methodology - Authors' Elaboration

2.1 Evaluation Protocol and Workflow Phases

The identification of the social, functional, economic, and environmental effects potentially triggered by a public relocation initiative represents a crucial analytical step for guiding territorial governance decisions, particularly when the intervention involves public functions capable of generating externalities and redistributing benefits and costs across space. Within this perspective, real estate appraisal and project evaluation assume not merely a descriptive role, but a genuinely prescriptive and regulatory one, as they enable the translation of policy objectives and collective expectations into measurable criteria, comparable scenarios, and more transparent decision-making processes (Agnoletti & Bocci, 2014). Against this background, the present study proposes a procedural evaluation protocol aimed at analyzing the effects that public relocation interventions may generate on property values and, more broadly, on local territorial equilibria. The protocol is conceived as a structured sequence of analytical steps designed to provide a replicable methodological framework capable of identifying, quantifying, and evaluating the impacts of urban regeneration projects. The proposed framework seeks to establish a general theoretical model—already applied within a public administration context—to support decision-making processes and the comparison of alternative intervention scenarios. In the following table the proposed protocol was summarized, organized into sequential phases and associated operational activities.

Table 1. Evaluation Protocol for the Analysis of Localization Effects of Public Relocation Interventions on Property Values

Phase	Description	Main Action
PHASE 1	Analysis of the Public Relocation Intervention	1.1 Identification and contextualization of the intervention within the study area. 1.2 Definition of the main functions and overall objectives of the project. 1.3 Subdivision of the study area into census units. 1.4 Functional discretization of the public function into Basic Functional Modules (BFMs).

Follow Table 1. Evaluation Protocol for the Analysis of Localization Effects of Public Relocation Interventions on Property Values

Phase	Description	Main Action
PHASE 2	Demand–Supply Matching	2.1 Estimation of Demand through the assessment of the loads generated by the public function. 2.2 Estimation of Supply through the evaluation of the carrying capacity of the site and surrounding context. 2.3 Assessment of Demand–Supply matching outcomes and normalization of results using a Likert-scale framework.
PHASE 3	Application of the Econometric Technique	3.1 Identification of the functional relationship linking property values to the selected independent variables. 3.2 Construction and calibration of the Spatial Autoregressive (SAR) model.
PHASE 4	Analysis of Functional Relationships	4.1 Estimation of the marginal contribution of each independent variable in order to assess its percentage influence on property values.
PHASE 5	Assessment of Localization Effects in the Post-Intervention Scenario	5.1 Application of the proposed localization-effect assessment model to estimate changes in the independent variables resulting from the intervention.
PHASE 6	Estimation of Property Values in the Post-Intervention Scenario	6.1 Substitution of the updated values of the independent variables into the price function identified in Phase 3, reflecting the changes induced by the relocation process.
PHASE 7	Comparison Between Ex-Ante and Ex-Post Property Values	7.1 Comparison, for each census unit within the study area, between current OMI property values and estimated post-intervention values in order to identify percentage increases or decreases attributable to the relocation intervention. 7.2 Identification and interpretation of the underlying causes of the estimated variations in order to assess their plausibility and consistency.
PHASE 8	Synthesis of Results	8.1 Comprehensive assessment of the expected effects, considering not only changes in property values but also improvements in urban, social, and environmental quality associated with the transformation process.

2.2 Functional Discretization and Construction of Basic Functional Modules (BFMs)

To overcome the traditional "monolithic" treatment of public real estate assets, the proposed methodology introduces a preliminary step aimed at decomposing the public function into elementary components, referred to as Basic Functional Modules (BFMs). These modules represent recurring functional units that are necessary for the operation of virtually any public organization (e.g., offices, meeting rooms, archives, reception areas, and technical facilities). The concept of modularization is justified by analogy with organizational decomposition into homogeneous units (Venezia, 2013) and with modular approaches adopted in other fields, such as software microservices, where decomposition enhances scalability, flexibility, and comparability (Dragoni et al., 2017). Operationally, the proposed framework adopts an initial set of twelve BFMs, defined according to criteria of accessibility, functional specialization, and interaction with users:

1. Single office: private workspace assigned to one employee (e.g., department manager's office);
2. Single office open to the public: private workspace occupied by one employee but accessible to citizens (e.g., public relations office);
3. Shared office: workspace occupied by multiple employees and organized into individual workstations (e.g., technical departments);
4. Shared office open to the public: shared workspace where users can directly interact with staff members (e.g., registry office);

5. Meeting room: space designated for meetings, conferences, and discussions;
6. Auditorium: facility intended for events, presentations, and conferences, typically characterized by tiered seating arrangements;
7. Laboratory: space equipped for scientific research, experimentation, or production activities;
8. Library: facility dedicated to the preservation and consultation of books, journals, and other informational materials, including reading and research areas;
9. Reception area: access-control and surveillance point of a building or complex, responsible for managing the entry and exit of people and goods;
10. Archive: space dedicated to the storage of documents, records, and data;
11. Public archive: archive accessible to citizens, researchers, and other users;
12. Technical facilities: spaces dedicated to technical systems and support equipment, including HVAC, electrical, and plumbing installations.

Each BFM is described through a set of attributes: (i) morphological attributes (floor area, ceiling height, volume, vertical circulation, and daylight factor), (ii) facility-related attributes (parking provision, ancillary spaces, accessibility features, and digital services), and (iii) functional attributes (number of employees, professional profiles, hourly flows, number of users, user profiles, and service operating hours). The proposed methodology for assessing localization effects is based on the disaggregation of this functional structure into its constituent components. Each component is subsequently characterized and measured through a set of selected indicators. Table 2 presents the four main indicators adopted for the assessment of localization effects:

Table 2. Indicators adopted for the evaluation of localization effects - Authors' elaboration

Indicators
Mobility
Public Facilities Commercial Facilities
Dimensional Capacity

The indicators selected in this study for the evaluation of localization effects are classified according to the interaction between two key dimensions:

- the loads generated by the public function (Demand);
- the capacity of the surrounding context to absorb these loads (Supply).

The overall demand generated by the public function is obtained by aggregating the loads associated with each Basic Functional Module (BFM), interpreted as the overall settlement pressure exerted by the activity. This aggregated demand provides the basis for forecasting mobility requirements, public facility needs, and spatial requirements, as well as for assessing the compatibility of alternative locations with the functional characteristics of the public service.

2.3 Estimation of Demand: Loads Generated by the Public Function

Demand is defined as the set of requirements that must be satisfied in order for the function to operate in a given location. It is articulated into four indicators:

1. Mobility Demand.

   Total demand (generated and attracted) is distributed among transport modes through the modal split coefficient, derived—whenever possible—from site-specific sources (e.g.,

Sustainable Urban Mobility Plans, SUMPs) or, in their absence, from national average values and European benchmarks reported in the study. This step is crucial because the sustainability of the intervention depends not only on the magnitude of the flows, but also on their modal distribution.

2. Demand for Public Facilities.

   Demand for public facilities is estimated with reference to the standards established by urban planning regulations (Ministerial Decree No. 1444/1968), corresponding to a total provision of 18 m² per capita, disaggregated into public green spaces (VP), public parking areas (PP), educational facilities (AI), and facilities of common interest (AC). The share effectively used by employees and users is estimated through correction coefficients (K) reflecting the intensity and plausibility of use: K_{vp}=0.5; K_{pp}=1; K_{ai}=0.3; K_{ac}=0.1.
   This approach avoids a mechanical application of planning standards and ensures that demand is consistent with the functional profile of the service. Total demand for public facilities is therefore expressed as (Eq. 1):

$$DP = VP \cdot K_{vp} + PP \cdot K_{pp} + AI \cdot K_{ai} + AC \cdot K_{ac} \quad (1)$$

3. Demand for Commercial Facilities.

   Demand related to food and beverage services is estimated as the capacity to activate non-tradable services, derived from expenditure statistics and average turnover data

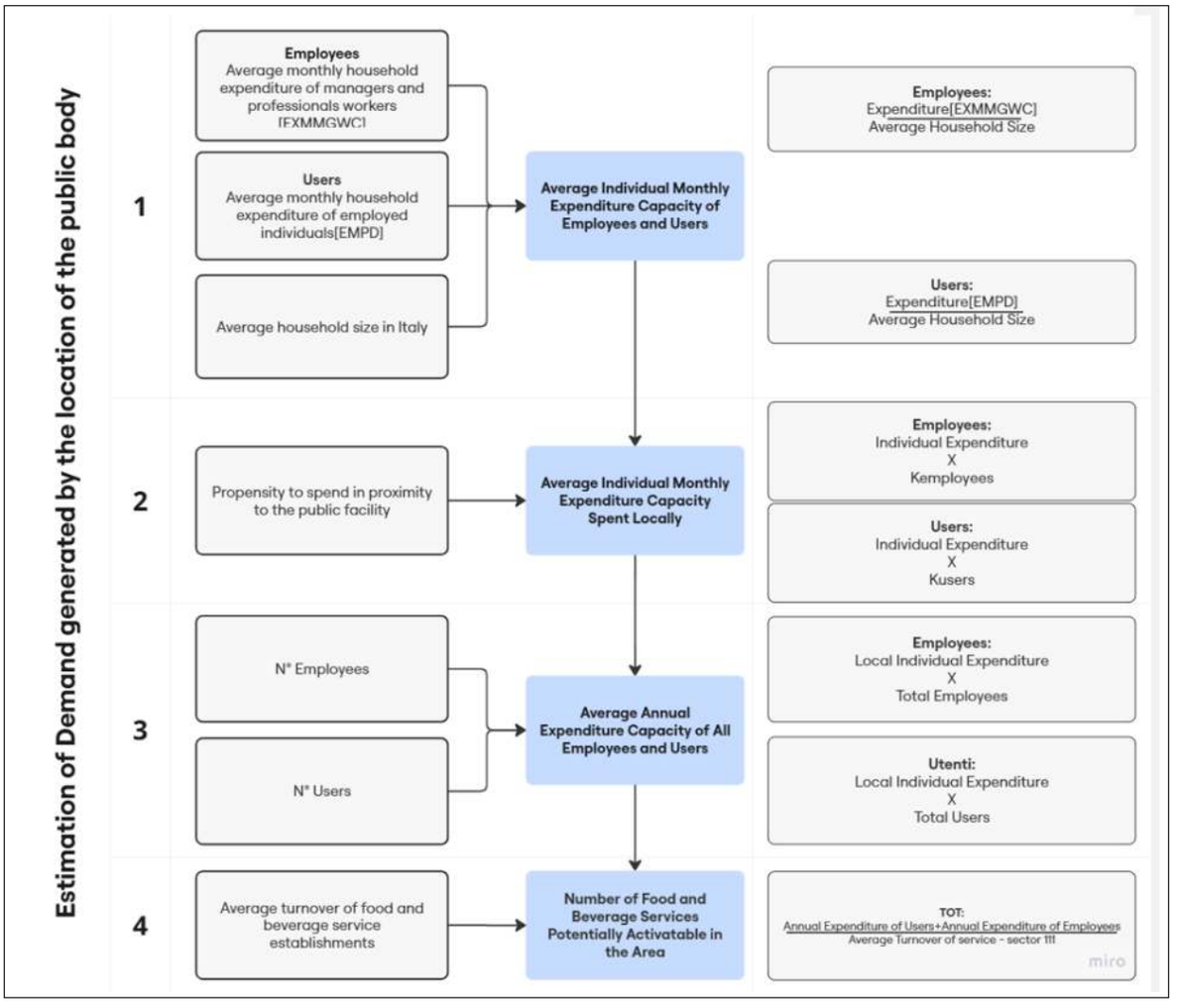


Figure 2. Summary framework for estimating the demand for commercial facilities – authors' elaboration.

(demand-driven approach), with the aim of translating the arrival of employees and users into additional demand potentially capable of supporting new activities and, consequently, generating economic and employment externalities, according to the four steps illustrated in the following scheme:

4. Demand for Dimensional Capacity.

   The demand for floor space is derived from the functional requirements framework of the public administration to be relocated, where available, or alternatively estimated using safety and health standards together with occupancy criteria. The underlying rationale is to verify whether the selected location is capable of accommodating the intended function without generating excess demand, namely unmet spatial requirements.

2.4 Supply Estimation: Capacity of the Context and the Site

Supply represents the availability of resources and facilities capable of absorbing the loads generated by the public function. The analysis is developed at two spatial scales: endogenous supply (internal and site-related resources) and exogenous supply (facilities and services available within the surrounding urban context). Territorial facilities are assessed within a daily walkable accessibility catchment area, assumed to extend within a 500 m radius, according to Ellis et al. (2016) and Gaglione et al. (2022). This threshold reduces the likelihood that the observed outcomes are influenced by uncontrolled external factors. Furthermore, Di Liddo et al. (2020) demonstrated that, within this distance, spatial decay effects are relatively limited.

1. Mobility Supply.

   For active mobility, the assessment is primarily qualitative and focuses on the presence and quality of sidewalks and cycling infrastructure.
   For public transport, the evaluation depends on service frequency and the available passenger capacity of the transport system.
   For private transport, road capacity is evaluated through the flow-to-capacity ratio under peak traffic conditions, following the well-established methodology developed in the transport planning literature and originally proposed in the Buchanan Commission report Traffic in Towns (1963). The procedure comprises the following steps:

   - Delineation of the study area;
   - Subdivision of the study area into traffic analysis zones;
   - Development of the transport network model;
   - Construction of a preliminary origin–destination (O–D) matrix;
   - Calibration of the origin–destination matrix using traffic counts;
   - Estimation of the transport demand generated by the building under redevelopment;
   - Assignment of individual travel demand to the transport network and estimation of traffic flows along road links, both before and after the functional conversion of the building.

2. Supply of Public Facilities.

   The supply of public facilities is assessed with reference to the standards established by Ministerial Decree No. 1444/1968 (D.M. 1444/1968) through quantitative indicators that evaluate both their availability and spatial distribution within the intervention area.

3. Supply of Commercial Facilities.

   The supply of food and beverage services is estimated as the level of commercial provision that can be sustainably supported by the resident and employed population within the study area, following the same methodological approach adopted for demand estimation, and is subsequently compared with the existing commercial supply;

4. Supply of Dimensional Capacity.

   The available building areas - including Gross Floor Area (GFA), ancillary spaces, and adaptive reuse potential - are quantified in order to verify the compatibility between the demand for space and the existing building supply.

2.5 Demand – Supply Matching

The Demand – Supply Matching stage represents the synthesis phase in which the estimates obtained in the previous sections are translated into interpretable and comparable localization effects. Specifically, for each dimension under investigation—mobility, public facilities, commercial facilities, and dimensional capacity—the Demand and Supply indicators are quantified according to the calculation procedures reported in Table 3, thereby enabling, for each ISTAT census section, a structured comparison between the loads generated by the public function and the capacity of the surrounding context to absorb them. The comparison produces performance outcomes that can be interpreted as surplus, equilibrium, or gap/under-provision and, more generally, as positive, negative, or neutral localization effects. However, these outcomes are expressed in heterogeneous units of measurement (e.g., number of users, m² per capita, services per hour, and performance ratios) and are therefore not directly comparable across different domains. For this reason, the outputs of the Demand–Supply Matching procedure are normalized using a Likert scale (Likert, 1932), reported in Table A4, with scores assigned by an interdisciplinary panel of experts selected on the basis of documented expertise in the relevant fields, including urban and regional planning, real estate appraisal and economic evaluation, and transportation engineering. From the perspective of real estate appraisal and project evaluation, this normalization step addresses the need to obtain homogeneous values that enable both comparisons across heterogeneous dimensions and multi-criteria assessments of externalities, thereby supporting transparent and evidence-based decision-making processes (Agnoletti et al., 2014). Furthermore, the normalization procedure establishes the operational link with the econometric component of the methodology. The Likert scores, computed for each census section and for each analytical domain, constitute the independent variables (X) of the Spatial Autoregressive (SAR) model, which is subsequently employed to estimate the extent to which these contextual performance variations are capitalized into property values while explicitly accounting for spatial dependence and the spillover effects that characterize urban real estate markets (Anselin, 1988; Elhorst, 2014; LeSage & Pace, 2009).

Table 3. Indicators proposed for the assessment of localization effects

Indicators	Domands	Supply
Mobility	Public transport Users of public transport [Number]	Public transport Service frequency [Runs/hour] Vehicle capacity [Passengers/m²]
	Private mobility Users of private vehicles [Number]	Private mobility Traffic flows on road links [Flow-to-capacity ratio (veh/h)]
	Noise emissions Limit values [dB]	Noise emissions Limit values [dB]
	Air emissions Pollutant concentration μg/m³]	Air emissions Pollutant concentration [μg/m³]
	Active mobility Users preferring walking or cycling [Number]	Active mobility Quality level of pedestrian and cycling routes [Presence of dedicated or shared infrastructure]
Public Facilities	Public green spaces Required equipped public spaces [m²]	Public green spaces Available equipped public spaces within the study area [m²]
	Parking Required parking spaces [m²]	Parking Available parking spaces within the study area [m²]
	Education	Education

Follow Table 3. Indicators proposed for the assessment of localization effects

Indicators	Domands	Supply
Public Facilities	Required educational facilities [m²]	Available educational facilities within the study area [m²]
Mobility	Facilities of common interest Required cultural and social facilities [m²]	Facilities of common interest Available cultural and social facilities within the study area [m²]
Commercial Facilities	Food and beverage services Potential services to be activated [Number] Employment Jobs generated [Number]	Food and beverage services Existing active services [Number] Employment Active workers [Number]
Dimensional Capacity	Floor space Required floor area [m²]	Floor space Available floor area [m²]

2.6 Econometric Methodology

The econometric technique adopted to estimate the transaction price function as a function of the variables determining its formation is the Spatial Autoregressive (SAR) model. The choice of the SAR specification reflects a structural characteristic of real estate markets: property prices are not spatially independent but instead exhibit spatial dependence and spatial autocorrelation, since neighboring properties share contextual attributes - such as accessibility, urban facilities, and environmental characteristics - and because price formation relies on geographically proximate comparables and expectations that propagate across space (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009; Elhorst, 2014). From an operational perspective, this implies that a conventional aspatial Ordinary Least Squares (OLS) regression may prove inefficient and, under specific conditions, produce biased statistical inference, particularly when the dependent variable incorporates spatial feedback mechanisms (Elhorst, 2014). This methodological approach is fully consistent with the literature reviewing the application of spatial econometrics to real estate analysis, which emphasizes that the explicit modeling of spatial dependence through SAR and related specifications represents the natural extension of traditional hedonic pricing models whenever the objective is to correctly estimate the influence of urban attributes and territorial externalities on property values (Krause & Bitter, 2012; Abdul Wahab et al., 2022). From a methodological standpoint, both theoretical and applied studies demonstrate that incorporating a spatial component provides a more accurate representation of the relational structure of real estate submarkets, highlighting the importance of the specification of the spatial weights matrix (W) and the need to distinguish between endogenous spatial dependence in the dependent variable and residual spatial autocorrelation (Anselin & Lozano-Gracia, 2008; Anselin & Lozano-Gracia, 2009; Anselin et al., 2010). From an empirical perspective, an increasing body of literature adopts SAR models, or closely related spatial specifications, to investigate property prices and the impacts of urban attributes acting as localization externalities - including accessibility, public facilities, environmental quality, urban services, and broader contextual transformations. These studies consistently demonstrate that the effects of such variables are not confined to the directly affected spatial unit but tend to propagate across neighboring areas through spatial spillover effects (Ibeas et al., 2012; Huderek-Glapska & Trojanek, 2013). Within the broader framework of urban regeneration and the evaluation of redevelopment projects - including interventions involving public assets, public functions, and adaptive reuse strategies - the adoption of spatial econometric models proves particularly valuable, as it explicitly captures network effects and enables scenario analyses that more faithfully represent the functioning of urban real estate markets (Bottero et al., 2017; Toloza-Delgado et al., 2024; Crudu & Racul, 2025).

Finally, consistent with this body of literature, the adoption of the SAR model in the present study makes it possible not only to estimate the conventional price–attributes relationship, but to

extend it into a price–attributes–space framework. Through the spatial autoregressive term ρWy and the spatial multiplier matrix (I-ρW)$^{-1}$, the model explicitly captures the existence of direct, indirect (spillover), and total effects, a feature that is particularly crucial when analysing localization effects, which are inherently spatial in nature (LeSage & Pace, 2009; Elhorst, 2014).

Consistent with the proposed procedural framework, the objective of the ex-ante phase is to define an econometric price function based on the selected independent variables, whereas the objective of the ex-post phase is to estimate updated property values by replacing the independent variables modified by the intervention. Within this framework, the SAR model is employed as a tool capable of: (i) estimating a robust price function under ex-ante conditions; (ii) consistently incorporating the spatial propagation of price information; and (iii) enabling ex-post simulations through the updating of the independent variables.

In the context of real estate valuation, the SAR model is typically applied to a dependent variable expressed in logarithmic form, y=ln(P), where Pdenotes the vector of observed property prices. This specification allows the estimated coefficients to be interpreted in terms of semi-elasticities. The general specification of SAR is expressed in the following form (Eq. 2):

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon \tag{2}$$

where:

- y is the N × 1 vector of log-transformed property prices;
- X is the N × K matrix of independent variables, constructed according to the proposed analytical framework;
- β is the vector of parameters associated with the independent variables;
- W is the spatial weights matrix, which formalizes the neighborhood structure among contiguous observations and is row-standardized;
- ρ is the spatial autoregressive coefficient, measuring the strength of the interaction between the price of a given property and the prices of neighboring properties as defined by W;
- ε is the error term.

The inclusion of the spatial lag term ρWy introduces a spatial feedback mechanism, whereby a change occurring in one location may propagate to adjacent areas and, through feedback effects, subsequently influence the original location. This property is particularly relevant for the analysis of localization effects, as it allows the distinction between strictly local impacts and effects that diffuse throughout the urban space (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009).

2.6.1 The Spatial Weights Matrix W

The specification of the spatial weights matrix W represents a substantive component of the analysis, as it formalizes the assumption regarding how market interactions are transmitted across space and, consequently, influences both the estimation of the endogenous spatial dependence parameter ρ and the decomposition of impacts into direct and spillover effects. The real estate valuation literature consistently emphasizes that the choice of W is not merely a technical detail but rather a structural assumption that should be theoretically justified and, whenever possible, assessed through sensitivity analyses, particularly in complex urban contexts and micro-spatial studies (Krause & Bitter, 2012; Abdul Wahab et al., 2022; Anselin & Lozano-Gracia, 2008, 2009; Anselin et al., 2010). In the present study, the unit of analysis consists of ISTAT census sections (polygon-based spatial units), while the localization effects under investigation are intrinsically associated with spatial proximity and continuity, including flows, public facilities, accessibility, and environmental externalities. These processes primarily occur between adjacent spatial units. Accordingly, the baseline specification adopts a contiguity-based spatial weights matrix W, subsequently row-standardized so that Wy can be interpreted as the weighted average of neighboring property values. Within micro-urban areas, a contiguity specification is particularly

appropriate because it captures neighborhood relationships that are consistent with local patterns of accessibility and with the functioning of real estate submarkets. This approach is also supported by numerous empirical applications employing spatial econometric models, including SAR and related specifications, to estimate the effects of urban attributes and spatial externalities on property prices and real estate values (Ibeas et al., 2012; Trojanek & Huderek-Glapska, 2015). Nevertheless, it is recognized that, in relatively small samples and when the number of neighboring units varies across observations, a contiguity-based matrix may be less informative or more sensitive to the geometry of the spatial units. For this reason, and in accordance with methodological reviews and applications in real estate spatial econometrics, the analysis also considers alternative spatial weights matrices based on the k-nearest neighbors (kNN) criterion. This specification ensures that each observation is connected to a constant number of neighboring units, thereby reducing the dependence of the estimation on heterogeneity in the contiguity structure (Krause & Bitter, 2012; Abdul Wahab et al., 2022). Operationally, the kNN matrices are constructed using the centroids of the census sections, selecting values of k consistent with the average neighborhood density observed in the contiguity network (e.g., values of k close to the average degree), while testing a limited range of alternative specifications (e.g., k = 4 and k = 5, complemented by sensitivity analyses on adjacent values). All spatial weights matrices are row-standardized so that the weights associated with each observation sum to one. This normalization facilitates the interpretation of the spatial lag term Wy as the weighted average of neighboring property values (Anselin, 1988; Elhorst, 2014), thereby providing a more intuitive interpretation of the spatial autoregressive coefficient ρ.

2.6.2 Diagnosis

Before estimating a Spatial Autoregressive Model (SAR), it is methodologically necessary to verify whether the data exhibit spatial autocorrelation, that is, whether geographically proximate observations systematically tend to display similar (or dissimilar) values. To this end, Moran's I statistic is employed, with particular reference to the residuals of the preliminary Ordinary Least Squares (OLS) model (Anselin, 1988).

Operationally, Moran's I can be expressed in the following form (Eq. 3):

$$I = \frac{N}{S_0} \cdot \frac{\mathbf{e}'\mathbf{W}\mathbf{e}}{\mathbf{e}'\mathbf{e}} \tag{3}$$

where $\mathbf{e}$ denotes the vector of residuals, $\mathbf{W}$ is the spatial weights matrix, $\boldsymbol{N}$ is the number of observations (census sections), and $\boldsymbol{S_0} = \sum_{\mathbf{i}} \sum_{\mathbf{j}} \mathbf{w_{ij}}$ is the sum of all spatial weights. Positive and statistically significant values of Moran's I indicate positive spatial autocorrelation (spatial clustering), thereby providing empirical support for the adoption of a spatial econometric model.

2.6.3 Parameter Estimation

Once the presence of spatial dependence has been established, the model parameters are estimated using the Maximum Likelihood (ML) method. The adoption of Maximum Likelihood Estimation (MLE) for the SAR model is motivated by specific econometric considerations related to the nature of the spatial autoregressive term . In the SAR model, the dependent variable appears on both sides of the equation through the spatially lagged dependent variable, giving rise to a problem of structural endogeneity. Specifically, Wy is correlated with the error term and therefore cannot be treated as an exogenous regressor. Under these circumstances, Ordinary Least Squares (OLS) estimation yields biased and inconsistent parameter estimates. Maximum Likelihood Estimation overcomes this issue by jointly estimating the following parameters:

- ρ the endogenous spatial autoregressive coefficient,
- β the vector of coefficients associated with the independent variables,
- σ^2 the error variance,

The likelihood function explicitly incorporates the term $\ln |\ I - \rho W\ |$, which arises from the Jacobian transformation required to derive the distribution of y from that of the error term ε (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009). This component is fundamental because the determinant explicitly accounts for the spatial dependence structure of the model, thereby allowing the spatial autoregressive parameter ρ to be consistently identified and estimated.

2.6.4 Interpretation of effects

A key feature of the SAR model, which is fundamental for the analysis of localization effects, is that the coefficients β cannot be interpreted as simple "local" marginal effects. The autoregressive component implies that a variation in X at a given location may generate:
direct effects on the observation itself (semi-elasticities),
indirect effects on neighboring observations (spillover effects),
total effects, corresponding to the sum of the direct and indirect effects.

Questi effetti si ricavano dalla matrice moltiplicativa $(I-\rho W)^{-1}$, che formalizza la propagazione spaziale degli impatti (LeSage & Pace, 2009).

Questa prospettiva è particolarmente adatta allo studio, poiché gli effetti localizzativi sono per definizione spazialmente diffusi e possono manifestarsi come gradienti di impatto che decrescono con la distanza.

In linea con la logica del protocollo adottato, dopo aver stimato la funzione dei prezzi nella situazione *ex-ante*, ricavandoci ρ e β, la stima *ex-post* viene ottenuta sostituendo nella matrice $\boldsymbol{X}$ i valori aggiornati delle variabili indipendenti che si prevede varino per effetto dell'intervento, mantenendo invariata la struttura della relazione stimata (stessa ρ, stessa β, stessa **W**). Il confronto tra valori stimati *ex-ante* ed *ex-post* consente di quantificare la variazione dei prezzi attribuibile alla trasformazione, distinguendo, quando necessario, il contributo "localizzato" e quello "diffuso" tramite *spillover*.

L'analisi econometrica può essere riassunta nei seguenti stadi:

1. Data preparation: collection of geographic data (shapefiles) and the independent variables of interest.
2. Construction of the spatial weights matrix : definition of the spatial interaction structure (contiguity) and row standardization to obtain a weighted average of neighboring observations.
3. Diagnostic analysis: application of Moran's I test to verify the presence of spatial autocorrelation, thereby justifying the use of the SAR model instead of a conventional linear regression model.
4. Parameter estimation: estimation of the SAR model using the Maximum Likelihood (ML) method.
5. Interpretation of effects: computation of direct, indirect, and total effects through post-estimation procedures (e.g., the estat impact command in Stata).

2.6.5 Model Performance Assessment

The performance of the SAR model is evaluated through a set of indicators and diagnostic tests consistent with established practices in spatial econometrics applied to real estate markets. The assessment aims to verify: (i) the goodness of fit of the model; (ii) the improvement achieved by the spatial specification relative to a non-spatial model; and (iii) the presence - or residual absence - of spatial autocorrelation. First, the log-likelihood of the SAR model estimated by Maximum Likelihood (ML) is compared with that of the benchmark Ordinary Least Squares (OLS) model using a Likelihood Ratio (LR) test, in order to formally assess whether the inclusion of the spatial autoregressive component (ρWy) produces a statistically significant improvement in explanatory power (Anselin, 1988; Elhorst, 2014). Second, the Akaike Information Criterion (AIC) and the Bayesian Information

Criterion (BIC) are employed to compare alternative model specifications, such as different definitions of the spatial weights matrix W or alternative sets of explanatory variables. These information criteria provide a balance between model fit and parameter complexity, thereby supporting parsimonious model selection (Elhorst, 2014). To further evaluate predictive performance, the Root Mean Square Error (RMSE) is computed for the dependent variable, $Y=ln\ (OMI)$, providing a synthetic measure of the average prediction error in the logarithmic domain and facilitating comparisons with non-spatial model specifications. In addition to these goodness-of-fit measures, the diagnostic analysis includes an explicit assessment of spatial dependence using Moran's I statistic, with p-values computed through permutation procedures, an approach generally preferred for relatively small samples. Moran's I is calculated both for the dependent variable and for the model residuals in order to characterize the spatial clustering structure and to verify the reduction of residual spatial autocorrelation achieved by the SAR specification (Cliff & Ord, 1981; Moran, 1950). Finally, the estimated endogenous spatial dependence parameter, ρ, is evaluated together with its statistical significance, using standard errors and z-tests, or alternatively likelihood ratio or Wald tests within the Maximum Likelihood framework. This assessment allows the strength of spatial dependence and the presence of endogenous spillover effects in property values to be formally quantified (LeSage & Pace, 2009). Taken together, these diagnostic criteria provide a transparent evaluation of the model's overall performance, demonstrate the advantages of the spatial specification over the conventional OLS approach, and verify the adequacy of the residual structure for supporting ex-ante and ex-post scenario analyses.

3. Case Study: The Former Buoncammino Judicial Prison (CA)

The proposed evaluation protocol is implemented with reference to a public relocation project currently being developed in the city of Cagliari, the capital of the Sardinia Region (Italy). The intervention is located within the city's semi-central urban zone, as defined by the Real Estate Market Observatory (Osservatorio del Mercato Immobiliare, OMI) of the Italian Revenue Agency (https://www.agenziaentrate.gov.it). The former Buoncammino Judicial Prison complex (Fig. 3) represents an emblematic pilot case for testing the proposed evaluation framework. The site is located within the historic center of Cagliari, on the ridge of San Lorenzo Hill, in a context



Figure 3. The former Buoncammino Judicial Prison building – current condition.

characterized by remarkable morphological, topographical, and landscape complexity. The study area constitutes a rare example of functional and symbolic stratification, where historical, urban, institutional, and landscape values converge. Originally constructed from 1855 onwards as a judicial prison within the Savoy military citadel, the building belongs to the category of "total institutions" as defined by Goffman (1961), having functioned for decades as an infrastructure devoted to segregation, enclosure, and social control. Its urban paradox lies in its location: a physically dominant site, owing to its central and panoramic position along the ridge, yet functionally isolated, impermeable, and detached from the surrounding urban fabric. This duality between high locational value and a historically segregative function makes the complex an especially suitable candidate for adaptive reuse, according to urban regeneration strategies aimed at restoring public value to a site that has long been excluded from collective use.

The detention function was discontinued in 2014, creating the opportunity for the site's functional redefinition through adaptive reuse, asset enhancement, and urban reintegration strategies. Within this context, the Buoncammino complex represents an ideal case study for the application of the proposed evaluation protocol because it:

- possesses a high development potential that has not yet been functionally redeveloped;
- is located at a strategic urban node capable of accommodating complex public functions;
- is characterized by a system of constraints, pre-existing structures, and spatial articulations that require a modular, scalable, and adaptive planning approach.

The multidimensional assessment of the site—including its morphological, functional, locational, and performance-related characteristics—provides the basis for evaluating the compatibility between the aggregated demand generated by the Basic Functional Modules (BFMs) and the complex supply offered by the asset. This assessment aims to verify the feasibility of accommodating a new Administrative Hub in accordance with the principles of sustainability, functional efficiency, and enhancement of the public real estate asset.

4. Results

4.1 Determination of the Generalized Model in the Ex-Ante Scenario

The determination of the generalized model in the ex-ante scenario represents the core step of the proposed evaluation procedure, as it corresponds to the stage at which the price function linking property values to the independent variables governing their formation under current conditions is empirically estimated.

The spatial unit of analysis is the ISTAT census section located within a 500-m pedestrian catchment area surrounding the public asset under investigation. The dependent variable is defined as , where P denotes the property value (€/m²) assigned to each census section based on the three OMI (Real Estate Market Observatory) zones included within the study buffer (C2, C3, and B1). Property values are calculated as the midpoint between the minimum and maximum residential market values (standard residential dwellings) reported for each OMI zone. The use of three OMI zones introduces sufficient variability in the dependent variable at the census-section level, thereby allowing the parameters of the global SAR model to be consistently identified.

The matrix of independent variables reported in (Eq. 4) assumes, for census section , the following form:

$$x_i = [1,\ O_i,\ U_i,\ MD_i,\ CR_i,\ FL_i,\ T_i,\ V_i,\ S_i,\ I_i,\ AI_i,\ QA_i,\ DC_i,\ DD_i,\ EA_i,\ EAT_i] \quad (4)$$

where each explanatory variable is measured on a five-point Likert scale (Tab. A1).

The generalized ex-ante price function reported in (Eq. 5) is estimated using a Spatial Autoregressive (SAR) model, which explicitly accounts for spatial dependence among observations.

The generalized specification is given by:

$$y = \rho \sum_i w_{ij}\, y + \beta_0 + \beta_1 O_i + \beta_2 U_i + \beta_3 MD_i + \beta_4 CR_i + \beta_5 FL_i + \beta_6 T_i + \beta_7 V_i + \beta_8 S_i + \beta_9 I_i + \beta_{10} AI_i + \beta_{11} QA_i + \beta_{12} DC_i + \beta_{13} DD_i + \beta_{14} EA_i + \beta_{15} EAT_i + \varepsilon i \quad (5)$$

The estimation of the ex-ante model follows an analytical sequence consistent with the logic of the proposed evaluation protocol:

- Preliminary estimation of an Ordinary Least Squares (OLS) model (non-spatial specification), followed by the diagnosis of spatial autocorrelation using the following diagnostic indicators:
  $log\ L_{OLS}$ = 54.3551
  $log\ L_{SAR}$ = 65.8417
  LR = 2($log\ L_{SAR} - log\ L_{OLS}$) = 22.9731, p = 1.64×10^{-6}
  AIC OLS = −74.7103; AIC SAR = −95.6834
  BIC OLS = −51.4662; BIC SAR = −71.0721
  RMSE OLS (on Y = ln (OMI)) = 0.03713; RMSE SAR = 0.03780
  Moran's I su Y = 0.6331 (p = 0.001, 999 permutations)
  Moran's I for the SAR structural residuals = −0.0808 (p = 0.546, 999 permutations)
- Estimation of the SAR model by Maximum Likelihood (ML), motivated by the intrinsic endogeneity of the spatial lag term . The Maximum Likelihood approach jointly estimates the parameters and , reported in Table 4, by incorporating the term , which enables the identification of the spatial autoregressive parameter.

Table 4. Coefficients of the Independent Variables

$\boldsymbol{\rho}$	0.8917
$\boldsymbol{\beta_0}$	0.8504
$\boldsymbol{\beta_1}$	-0.0071
$\boldsymbol{\beta_2}$	0.0019
$\boldsymbol{\beta_3}$	0.0004
$\boldsymbol{\beta_4}$	-0.0054
$\boldsymbol{\beta_5}$	0.0134
$\boldsymbol{\beta_6}$	0.0086
$\boldsymbol{\beta_7}$	-0.0143
$\boldsymbol{\beta_8}$	0.0127
$\boldsymbol{\beta_9}$	0.0074
$\boldsymbol{\beta_{10}}$	0.0139
$\boldsymbol{\beta_{11}}$	0.0001
$\boldsymbol{\beta_{12}}$	0.0334
$\boldsymbol{\beta_{13}}$	0.0031
$\boldsymbol{\beta_{14}}$	-0.0227
$\boldsymbol{\beta_{15}}$	0.0034

The estimated endogenous spatial dependence parameter , is relatively high, indicating that property values observed in neighboring census sections exert a substantial influence on the value of each individual section. Given the adoption of a single functional specification for the case study, the model assumes a unique parameter vector β, namely a set of global coefficients that remain constant across space for the entire sample of observations. This assumption is motivated by methodological considerations. Specifically, the analysis is conducted within a micro-urban area (a 500-m pedestrian catchment), comprising a relatively limited number of census sections and, consequently, a dataset characterized by a small sample size and limited informational variability. Under these conditions, estimating separate coefficients for different market sub-segments (e.g., for each OMI zone) would likely compromise the stability of the estimates and the robustness of statistical inference by increasing parameter variance and reducing the comparability of alternative scenarios. Accordingly, and consistently with the objective of developing a generalized price function suitable for ex-ante and ex-post simulations, the marginal effects of the independent variables are assumed to be spatially homogeneous throughout the study area. In other words, a one-point increase in the Likert score associated with a given quality or facility indicator is assumed to produce the same average effect on expected property values, regardless of the OMI zone to which the observation belongs.

4.2 Determination of Property Values in the Ex-Post Scenario

The procedure adopted to estimate the property values resulting from the public relocation intervention is based on the assumption that the functional relationships specified by the generalized model estimated for the ex-ante scenario (Eq. 5) remain unchanged following the implementation of the project. In other words, the factors governing the price formation process in the ex-post scenario are assumed to be identical to those considered in the ex-ante condition. Under this assumption, (Eq. 5) can be employed to estimate property values in the ex-post scenario by updating the values of the independent variables according to the expected changes generated by the implementation of the proposed intervention.

4.3 Comparison of Estimated Property Values in the Ex-Post 1 and Ex-Post 2 Scenarios

The following figures illustrate the spatial propagation of the effects generated by the public relocation intervention on property values. The results of the analysis provide several noteworthy insights. Given the relatively limited size of the study area, the estimated effects exhibit a significant influence on the properties located within the area under investigation. Figure 4, referring to the Ex-Post Scenario 1 - namely, the relocation of the public function without any compensatory or improvement measures implemented by the local authority - shows an overall decline in the estimated property values within the study area, as reflected by the updated independent variables reported in Table A2. From an interpretative perspective, this outcome can be attributed to a set of cumulative localization mechanisms: (i) the increase in induced traffic flows, resulting in greater pressure on vehicular mobility and associated environmental emissions; (ii) the reduction in the functional availability and usability of certain public facilities, particularly public green spaces and parking areas; (iii) the emergence of congestion effects within the food and beverage sector, not accompanied by an adequate rebalancing of the local service system; and (iv) the persistence of an insufficient functional mix within the complex, limiting the intervention's ability to generate widespread positive externalities and to support long-term urban vitality. According to the simulation results, the average variation in property values within the study area is approximately –12% (Tab. A5), indicating that, under the scenario considered, the net effect of the relocation intervention—when not accompanied by complementary place-based policies—tends to produce an overall deterioration in both perceived and functional urban quality and, consequently, a reduction in the capitalization of property values (Fig. A1). These findings confirm the importance of locational choice as a determinant not only of economic performance but also of environmental and social outcomes, since changes in property values can be interpreted as the monetary expression of multiple and heterogeneous externalities. The results are consistent with the expected dynamics

of the scenario-based framework, in which Ex-Post Scenario 1 isolates the effects of relocation alone, demonstrating that, in the absence of mitigation or compensatory measures, the intervention may generate undesirable localization effects, particularly when it increases pressure on mobility systems and weakens the balance of public facilities and functional diversity within the surrounding urban context.

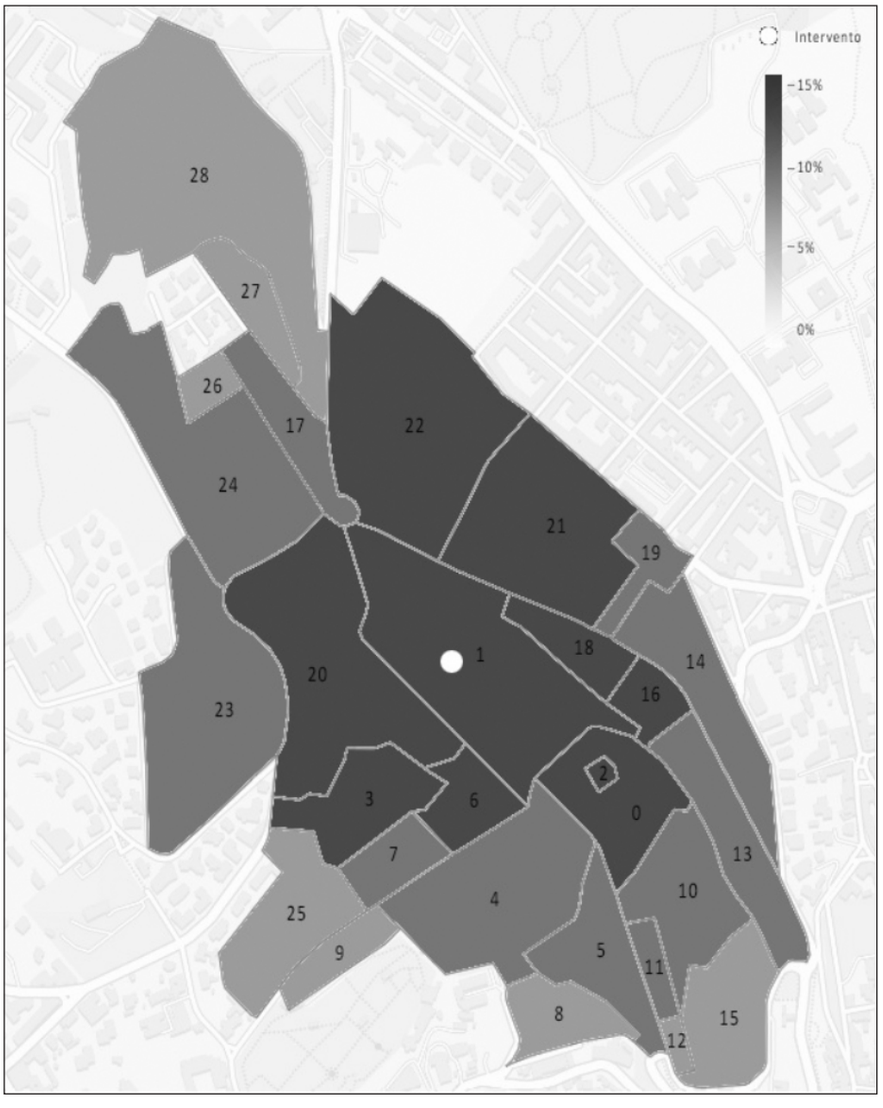


Figure 4. Ex-Post Scenario 1 – Relocation of the public function without compensatory or improvement measures implemented by the local authority.

Figure 5, referring to Ex-Post Scenario 2, provides a substantially different interpretative framework compared with the previous scenario, highlighting an overall increase in estimated property values across the study area, as reflected by the updated independent variables reported in Table A3. In this configuration, the relocation of the public function is accompanied by a set of compensatory and supporting measures implemented by the local authority, aimed at mitigating the pressures generated by the intervention and activating positive externalities within the surrounding urban environment. The overall outcome suggests that, when adequately supported by targeted public policies, locational choice can evolve from a potentially critical factor into a catalyst for urban regeneration. This finding is further supported by the indirect effects illustrated in Figure A2. From a mechanistic perspective, the increase in property values appears to be associated with an enhanced capacity of the surrounding urban context to absorb the additional

functional loads generated by the intervention through actions affecting both the quality of urban space and the provision of public facilities. These include: (i) traffic management and mitigation measures, such as the introduction of limited traffic zones and modifications to circulation patterns; (ii) the enhancement of public facilities, capable of compensating for the reduction in performance observed under Ex-Post Scenario 1; (iii) the strengthening of commercial activities and functional diversification, reducing saturation phenomena and reinforcing the functional mix at both the site and neighborhood scales; and (iv) an overall improvement in perceived urban quality, which acts as a driver of residential attractiveness and contributes to stabilizing market expectations. This scenario therefore reflects a potential shift in market demand within the study area, both in terms of property values and urban amenity, contrasting with the current situation in which the physical deterioration of the asset negatively affects the attractiveness and perceived quality of the surrounding urban environment.

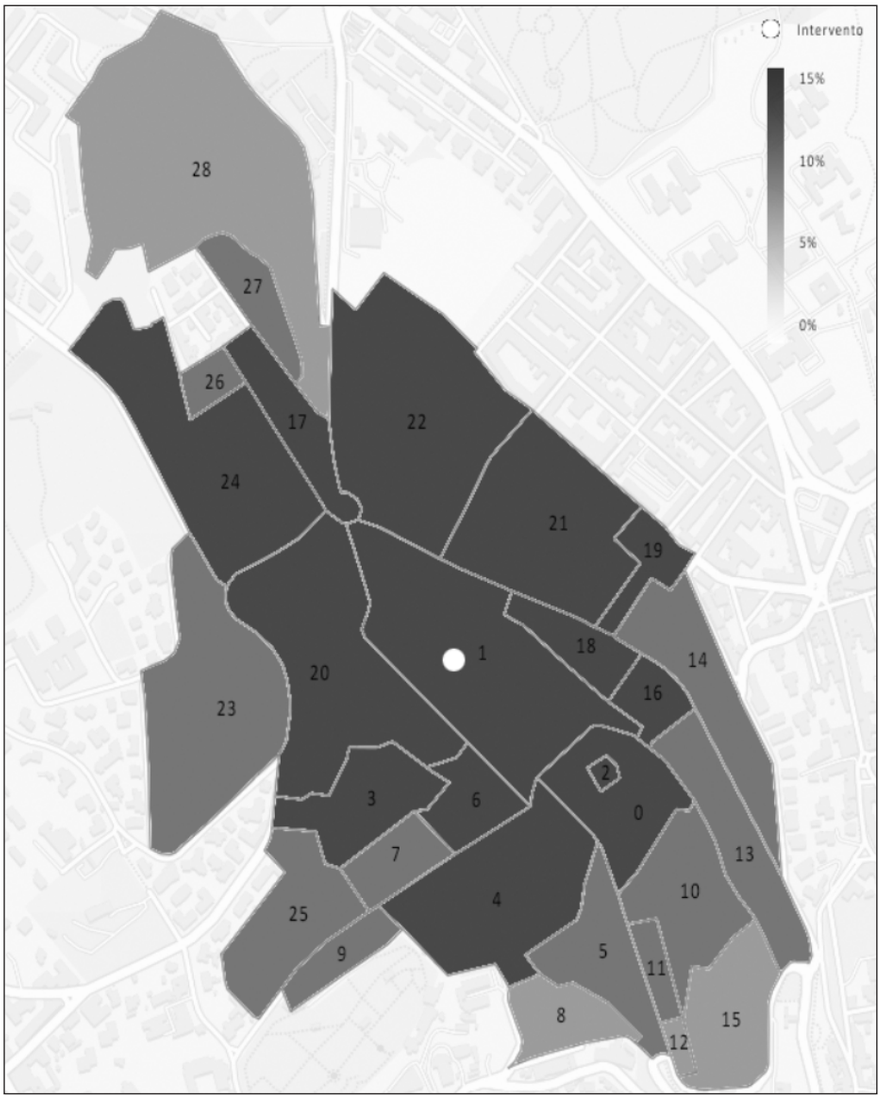


Figure 5. Ex-Post Scenario 2 – Relocation of the public function with compensatory or improvement measures implemented by the local authority.

5. Conclusions

This study aimed to operationalize and empirically validate the analysis of localization effects associated with the relocation of public functions within a defined micro-territorial context by

integrating two complementary evaluation frameworks: (i) a demand–supply matching model, designed to interpret direct and indirect effects in terms of functional performance and distributive outcomes; and (ii) a Spatial Autoregressive (SAR) econometric model, aimed at estimating real estate externalities through their capitalization into property values while accounting for the spatial interdependencies that characterize urban real estate markets. This methodological framework is situated within a broad and increasingly relevant research field in which urban regeneration—understood as the set of policies and instruments aimed at redeveloping degraded areas, limiting land consumption, and enhancing existing public and private real estate assets—has become an increasingly strategic component of territorial governance. Building upon the conceptual and procedural framework proposed by Di Liddo et al., the present study emphasizes the importance of an ex-ante evaluation protocol, structured into clear and replicable stages, for quantitatively measuring the effects of urban transformation projects on property values and supporting both public and private decision-making processes. The application of the demand–supply matching model makes it possible to evaluate the degree of correspondence between two complementary systems. On the one hand, demand represents the set of explicit and latent needs expressed by users and residents, disaggregated into functional components. On the other hand, supply represents the available resources—including spaces, infrastructure, services, and public facilities—measured in terms of quantity, quality, proximity, and accessibility. The principal outcome of this comparison is the identification of: (a) areas characterized by saturation or surplus conditions (excess supply); (b) performance gaps and under-provision (deficits relative to existing needs); and (c) areas exhibiting high marginal returns, where targeted interventions may generate significant improvements in terms of efficiency and equity. Consequently, the matching procedure provides an interpretative framework in which the quantification of social, economic, and environmental impacts constitutes an essential support for territorial decision-making. From a valuation perspective, the adoption of the SAR model transforms the traditional "price–attributes" relationship into a "price–attributes–space" relationship, allowing the price function to explicitly reflect the relational structure of the urban environment. For the case study considered, the diagnostic results indicate a substantial improvement of the SAR specification over the conventional OLS model, as demonstrated by the Likelihood Ratio test, more favorable information criteria (AIC and BIC), and the absence of statistically significant residual spatial autocorrelation (non-significant Moran's I computed on the structural residuals). These findings confirm the appropriateness of the adopted spatial specification.

Three aspects are particularly relevant. First, the SAR model successfully captures market interdependencies, recognizing that property values are not spatially independent and that market information propagates across space. Second, it allows the decomposition of impacts into direct and spillover effects, consistently with the territorial nature of urban externalities (Fig. 6 and 7). Third, it reduces the estimation bias and inefficiency typically associated with non-spatial models when spatial autocorrelation is present (Anselin, 1988; Elhorst, 2014; LeSage & Pace, 2009). This aspect is especially important in micro-spatial analyses, where impacts tend to manifest through localized gradients and spatial diffusion processes. In this respect, Di Liddo et al. likewise observed, across their case studies, a recurring pattern whereby the intensity of localization effects is greatest in the immediate proximity of the intervention and progressively decreases with increasing distance.

The comparison between the simulated scenarios demonstrates that localization effects should not be regarded as an automatically positive consequence of public relocation. Under Ex-Post Scenario 1 (relocation without complementary interventions), the study area experiences an overall negative balance resulting from the trade-off between induced benefits, such as increased users and economic activation, and territorial costs, including congestion and increased pressure on public services and facilities. From an evaluation perspective, this finding confirms that localization effects are inherently multidimensional and may simultaneously generate both positive and negative externalities. Conversely, under Ex-Post Scenario 2 (relocation combined with compensatory public policies), the overall outcome improves substantially, and the estimated increase in property values can be interpreted as the result of a "managed transformation," in which accompanying measures mitigate negative externalities while enhancing the capacity of the surrounding urban context to absorb the additional functional loads generated by the intervention. From the perspective of real estate appraisal and project evaluation, the proposed framework highlights two major implications. First, evaluation

should not be limited to estimating differences in property values but should explicitly identify which dimensions of urban quality explain the expected increase or decrease in values, thereby making the relationship between the project and market dynamics more transparent. Second, the framework represents an effective decision-support tool, enabling the comparison of alternative scenarios, the definition of intervention priorities, and the ex-ante justification of compensatory measures. In this respect, evaluation protocols of this type can complement conventional financial and economic feasibility assessments while supporting both public administrations and private investors—including within Public–Private Partnership (PPP) schemes—by also considering the potential fiscal benefits associated with increases in property values.

As with any evaluation framework, several assumptions should be explicitly acknowledged. First, the assumption of market structure stability—namely, that the model parameters remain unchanged between the ex-ante and ex-post scenarios—is a strong but necessary condition for applying the estimated price function during the post-intervention simulation. Second, the descriptive and predictive performance of the model depends substantially on the size and quality of the available database. Third, the use of expert-based Likert-scale variables requires careful consideration of replicability issues, including panel composition and sensitivity analysis. Finally, no market segmentation or regime differentiation across OMI zones has been introduced, since, given the available data, such specifications would increase parameter variance and reduce inferential robustness. Accordingly, the results should be interpreted primarily as quantitative support for ex-ante and ex-post scenario simulations within a localized study area rather than as estimates directly generalizable to the entire urban context.

Future research should primarily pursue two directions. The first concerns temporal monitoring, aimed at estimating the time required for the predicted effects to become observable in market prices and assessing their persistence over time through longitudinal analyses based on repeated observations and more granular real estate market data. The second concerns methodological transferability and external validation, through the application of the proposed framework to cities of different sizes - including small towns, medium-sized cities, and regional capitals - in order to investigate how both the spatial parameters and the sensitivity of urban quality variables vary across different territorial contexts. A further line of research consists of examining synergistic effects between multiple interventions and across different market segments or submarkets, thereby assessing the extent to which changes occurring in one part of the city influence adjacent areas and, ultimately, contribute to reshaping the boundaries and hierarchical structure of urban real estate submarkets.

In conclusion, the integration of demand–supply matching and Spatial Autoregressive modeling provides an innovative evaluation framework capable of linking urban performance, territorial externalities, and property values within a unified analytical structure. This approach offers both a robust scientific framework for understanding the localization effects generated by public real estate assets and a practical decision-support tool for urban planning, public policy, and investment decisions.

Acknowledgements

This research was conducted within the framework of a scientific and technical collaboration between the University of Pisa and the Italian State Property Agency (Agenzia del Demanio). The authors sincerely thank the officials of the Agenzia del Demanio – Structure for Design (Struttura per la Progettazione), Rome, for their valuable collaboration and for providing the data and technical information used in the analyses presented in this paper.

Author Contributions

Introduction, Case Study, Results, and Conclusions: L.C.; Methodology: L.C., A.F., S.R., D.M., and M.R.; Review and Editing: L.C., M.R., and S.R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Bibliography

Abdul Wahab S. M., Mokhtar E. S. & Aliasak M. H. H. (2022). Spatial econometrics and spatial hedonic model in property valuation: A bibliometric analysis. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space*, 18(4), 35–52. https://doi.org/10.17576/geo-2022-1804-03

Agnoletti C. & Bocci C. (2014). Gli effetti economici e distributivi degli interventi di riqualificazione urbana. Contributo presentato al *XVII Congresso nazionale dell'Associazione Italiana di Valutazione*, Napoli, 10–11 aprile 2014.

Alonso W. (1964). *Location and land use: Toward a general theory of land rent*. Harvard University Press.

Alonso W. (1967). A reformulation of classical location theory and its relation to rent theory. *Papers of the Regional Science Association, 19*, 11–31. https://doi.org/10.1007/BF01944043

Anselin L. (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. Kluwer Academic Publishers.

Anselin L. & Lozano-Gracia N. (2008). Errors in variables and spatial effects in hedonic house price models of ambient air quality. *Empirical Economics, 34(1)*, 5–34. https://doi.org/10.1007/s00181-007-0152-3

Anselin L. & Lozano-Gracia N. (2009). Spatial hedonic models. In T.C. Mills & K. Patterson (Eds.), *Palgrave handbook of econometrics: Volume 2: Applied econometrics* (pp. 1213–1250). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/9780230244405_26

Anselin L., Lozano-Gracia N., Deichmann U. & Lall S.V. (2008). *Valuing access to water: A spatial hedonic approach applied to Indian cities* (Policy Research Working Paper No. 4533). World Bank. https://doi.org/10.1596/1813-9450-4533

Anselin L., Lozano-Gracia N., Deichmann U. & Lall S.V. (2010). Valuing access to water—A spatial hedonic approach, with an application to Bangalore, India. *Spatial Economic Analysis, 5*(2), 161–179. https://doi.org/10.1080/17421771003730703

Baumol W.J. & Oates W.E. (1988). *The theory of environmental policy* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Bockarjova M., Botzen W.J.W. & van Schie M.H. (2020). Property price effects of green interventions in cities: A meta-analysis and implications for gentrification. *Environmental Science & Policy*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901119310457

Bottero M., Bravi M., Mondini G. & Talarico A. (2017). Buildings energy performance and real estate market value: An application of the spatial autoregressive (SAR) model. in S. Stanghellini P. Morano, M. Bottero & A. Oppio (Eds.), *Appraisal: From theory to practice* (pp. 221–230). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49676-4_16

Braden J.B., Feng X. & Won D.H. (2011). Waste sites and property values: A meta-analysis. *Environmental and Resource Economics*. https://doi.org/10.1007/s10640-011-9467-9

Brander L.M. & Koetse M.J. (2011). The value of urban open space: Meta-analyses of contingent valuation and hedonic pricing results. *Journal of Environmental Management*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479711002167

Brueckner J.K. (2011). *Lectures on urban economics*. MIT Press.

Chay K.Y. & Greenstone M. (2005). Does air quality matter? Evidence from the housing market. *Journal of Political Economy, 113*(2), 376–424. https://doi.org/10.1086/427462

City of Melbourne. (2023). *Urban forest strategy: Making a cooler, greener city*. https://www.melbourne.vic.gov.au/urbanforest

Cliff A.D. & Ord J.K. (1981). *Spatial processes: Models & applications*. Pion.

Crudu L. & Racul A. (2024). The hedonic prices concept of agricultural land in the Edinet District by using a spatial autoregressive model for the sustainable rural development evaluation. In *Proceedings of the International Scientific Conference "Development Through Research and Innovation"* IDSC-2024 (pp. 68–84). SEP ASEM. https://doi.org/10.53486/dri2024.08.

Debrezion G., Pels E. & Rietveld P. (2007). The impact of railway stations on residential and commercial property value: A meta-analysis. *The Journal of Real Estate Finance and Economics, 35*, 161–180. https://doi.org/10.1007/s11146-007-9032-z.

Della Spina L. (2021). Cultural heritage: A hybrid framework for ranking adaptive reuse strategies. *Buildings, 11*(3), Article 132. https://doi.org/10.3390/buildings11030132.

Di Liddo F., Morano P., Tajani F. & Torre C.M. (2020). An innovative methodological approach for the analysis of the effects of urban interventions on property prices. *Valori e Valutazioni, 26*, 25–46.
Dragoni N., Giallorenzo S., Lafuente A.L., Mazzara M., Montesi F., Mustafin R. & Safina L. (2017). Microservices: Yesterday, today, and tomorrow. In M. Mazzara & B. Meyer (Eds.), *Present and ulterior software engineering* (pp. 195–216). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4_12.
Elhorst J.P. (2014). *Spatial econometrics: From cross-sectional data to spatial panels* (pp. 95-119). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40340-8.
Ellis G., Hunter R.F., Tully M.A., Donnelly M., Kelleher L. & Kee F. (2016). Connectivity and physical activity: Using footpath networks to measure the walkability of built environments. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *43*(1), 130–151. https://doi.org/10.1177/0265813515610672
European Parliament & Council of the European Union. (2020). Regulation (EU) 2020/852 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment. *Official Journal of the European Union, L 198*, 13–43. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/852/oj.
Fotheringham A.S., Brunsdon C. & Charlton M. (2002). *Geographically weighted regression: The analysis of spatially varying relationships*. Wiley.
Fujita M. (1989). *Urban economic theory: Land use and city size*. Cambridge University Press.
Goffman E. (1961). *Asylums: Essays on the social situation of mental patients and other inmates*. Anchor Books.
Gaglione F., Gargiulo C., Zucaro F. & Cottrill C. (2022). Urban accessibility in a 15-minute city: A measure in the city of Naples, Italy. *Transportation Research Procedia*, 60, 378–385. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.12.049
Huderek-Glapska S. & Trojanek R. (2013). The impact of aircraft noise on house prices. *International Journal of Academic Research*, 5(3), 397–408. https://doi.org/10.7813/2075-4124.2013/5-3/B.60
Heyman A.V., Law S. & Berghauser Pont M. (2018). How is location measured in housing valuation? A systematic review of accessibility specifications in hedonic price models. *Urban Science, 3*(1), Article 3. https://www.mdpi.com/2413-8851/3/1/3.
Ibeas A., Cordera R., dell'Olio L., Coppola P. & Dominguez A. (2012). Modelling transport and real-estate values interactions in urban systems. *Journal of Transport Geography, 24*, 370–382. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.04.012.
Kaganova O. & Amoils J.M. (2020). Central government property asset management: A review of international changes. *Journal of Corporate Real Estate, 22*(3), 239–267. https://www.emerald.com/jcre/article/22/3/239/194936
Kaganova O. & Nayyar-Stone R. (2000). Municipal real property asset management: An overview of world experience, trends and financial implications. *Journal of Real Estate Portfolio Management, 6*(4), 307–326. https://doi.org/10.1080/10835547.2000.12089624
Kiel K.A. (1995). Measuring the impact of the discovery and cleaning of identified hazardous waste sites on house values. *Land Economics, 71*(4), 428–435. https://doi.org/10.2307/3146708
Krause A.L. & Bitter C. (2012). Spatial econometrics, land values and sustainability: Trends in real estate valuation research. *Cities, 29*(Suppl. 2), S19–S25. https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.06.006.
LeSage J. & Pace R.K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420064254
Likert R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. In R. S. Woodworth (Ed.), *Archives of Psychology* (Vol. 22, No. 140, pp. 5–55). The Science Press.
Moran P.A.P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika, 37*(1–2), 17–23. https://doi.org/10.2307/2332142
Nguyen M. & Adams, T. (2021). Using explainable AI to understand urban greenery effects on housing affordability. *Computers, Environment and Urban Systems, 90*, Article 101706. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101706
Ostrom E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.
Phelps A. (2010). Rationale, practice and outcomes in municipal property asset management. *Journal of Corporate Real Estate, 12*(3), 157–174. https://www.emerald.com/jcre/article/12/3/157/189343

Rinaldi L. & Thompson G. (2023). Machine learning per l'analisi spaziale della qualità urbana: Una prospettiva applicata a Melbourne. In M. Rossi & J. Smith (Eds.), *Strumenti avanzati per la valutazione urbana sostenibile: Approcci empirici e modelli predittivi* (pp. 101–120). FrancoAngeli.

Rosen S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy, 82*(1), 34–55. https://doi.org/10.1086/260169

Sirmans G.S., Macpherson D.A. & Zietz E.N. (2005). The composition of hedonic pricing models. *Journal of Real Estate Literature, 13*(1), 1–44. https://meridian.allenpress.com/jrel/article-pdf/13/1/1/1958681/reli_13_1_j03673877172w0w2.pdf

Smeets E. & Weterings R. (1999). *Environmental indicators: Typology and overview* (Technical Report No. 25). European Environment Agency.

Tiebout C.M. (1956). A pure theory of local expenditures. *Journal of Political Economy, 64*(5), 416–424. https://doi.org/10.1086/257839

Toloza-Delgado J.D., Melo O.O. & Cruz N.A. (2024). Joint spatial modeling of mean and non-homogeneous variance combining semiparametric SAR and GAMLSS models for hedonic prices. *Spatial Statistics, 63*, Article 100864. https://doi.org/10.1016/j.spasta.2024.100864

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (A/RES/70/1). https://undocs.org/A/RES/70/1

Venezia V. (2013). Le strutture organizzative aziendali. *EDUCatt Università Cattolica*.

Vermiglio C. (2011). Public property management in Italian municipalities: Framework, current issues and viable solutions. *Property Management, 29*(5), 423–442. https://www.emerald.com/pm/article/29/5/423/316890

White A.D. (2011). A review of UK public sector real estate asset management. *Journal of Corporate Real Estate, 13*(1). https://www.emerald.com/jcre/article-abstract/13/1/6/219508

Zhang H. & Wilson D. (2023). Spatial modelling of park accessibility and its influence on property values: A comparative study using random forest and OLS. *Applied Spatial Analysis and Policy, 16*(1), 55–77. https://doi.org/10.1007/s12061-023-09456-w

Appendix

Table A1. Independent Variables – Ex-Ante Scenario

Scenario *ex-ante*																
Id section	OMI mid	O	U	MD	CR	FL	T	V	S	I	AI	QA	DC	DD	E	EA
0	2000	4	1	2	5	4	1	5	5	1	1	5	1	1	1	4
1	2000	4	3	3	5	4	2	5	5	1	1	1	1	1	2	5
2	2000	4	1	1	1	1	3	1	1	1	3	5	1	1	3	5
3	2000	1	3	4	4	3	2	5	2	1	1	5	1	5	2	5
4	2150	2	2	2	4	3	1	5	5	1	1	5	1	5	1	5
5	2150	4	1	2	4	3	1	5	4	1	1	5	3	1	1	4
6	2150	4	3	3	5	4	1	3	1	1	3	3	1	1	1	4
7	2150	3	3	3	1	1	1	1	1	1	4	3	1	1	1	5
8	2150	3	3	3	1	1	3	1	2	1	1	5	1	1	2	5
9	2150	4	3	3	2	2	3	1	1	1	1	5	1	4	2	5
10	2150	4	1	5	1	1	1	1	4	1	1	5	1	1	1	2
11	2150	4	3	5	4	3	1	1	2	1	1	5	1	1	1	1
12	2150	4	3	3	1	1	1	1	1	1	3	5	1	1	1	1
13	2000	1	3	2	1	1	2	5	2	1	1	3	1	1	1	3
14	2000	4	1	2	4	2	2	1	3	1	1	5	1	1	1	4
15	2150	1	5	2	1	1	2	3	2	1	4	5	1	5	1	4
16	2000	2	2	2	2	2	3	5	2	1	5	3	1	1	2	5
17	2000	3	1	1	3	2	3	1	1	1	1	3	3	1	2	1
18	2000	3	1	1	3	2	3	1	4	1	1	1	1	1	2	5
19	2000	4	1	1	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1	2	5
20	2000	4	1	5	5	5	1	3	4	1	1	5	1	1	1	1
21	2000	4	5	4	2	2	3	1	2	4	1	3	1	1	2	5
22	1800	4	5	4	3	3	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3
23	2000	4	1	3	5	5	3	1	1	1	1	5	1	1	2	4
24	2000	3	5	3	5	5	2	1	1	1	1	3	1	1	2	2
25	2150	2	5	2	2	3	1	3	2	1	1	3	1	3	1	4
26	2000	3	1	3	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1	2	4
27	1800	4	1	3	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	2	4
28	1800	4	1	2	3	2	1	1	2	1	1	3	1	1	1	2

Appendix

Table A2. Independent Variables – Ex-Post 1 Scenario

Ex-post 1 scenario																
Id section	OMI mid	O	U	MD	CR	FL	T	V	S	I	AI	QA	DC	DD	EA	EAT
0	2000	4	1	2	5	4	1	5	3	1	1	5	1	1	1	3
1	2000	5	5	3	2	4	1	3	3	1	1	4	1	4	1	2
2	2000	4	1	1	1	1	2	1	1	1	3	5	1	1	2	3
3	2000	1	3	4	4	3	1	5	1	1	1	5	1	5	1	3
4	2150	2	2	2	4	3	1	5	3	1	1	5	1	5	1	4
5	2150	4	1	2	4	3	1	5	2	1	1	5	3	1	1	3
6	2150	4	3	3	5	4	1	3	1	1	3	3	1	1	1	2
7	2150	3	3	3	1	1	1	1	1	1	4	3	1	1	1	4
8	2150	3	3	3	1	1	2	1	1	1	1	5	1	1	1	3
9	2150	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	5	1	4	1	4
10	2150	4	1	5	1	1	1	1	3	1	1	5	1	1	1	1
11	2150	4	3	5	4	3	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1
12	2150	4	3	3	1	1	1	1	1	1	3	5	1	1	1	1
13	2000	1	3	2	1	1	1	5	2	1	1	3	1	1	1	2
14	2000	4	1	2	4	2	1	1	3	1	1	5	1	1	1	4
15	2150	1	5	2	1	1	1	3	2	1	4	5	1	5	1	4
16	2000	2	2	2	2	2	2	5	2	1	5	3	1	1	2	5
17	2000	3	1	1	3	2	1	1	1	1	1	3	3	1	2	1
18	2000	3	1	1	3	2	2	1	4	1	1	1	1	1	2	5
19	2000	4	1	1	1	1	2	1	2	1	1	3	1	1	2	5
20	2000	4	1	5	5	5	1	3	4	1	1	5	1	1	1	1
21	2000	4	5	4	2	2	2	1	2	4	1	3	1	1	2	5
22	1800	4	5	4	3	3	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3
23	2000	4	1	3	5	5	2	1	1	1	1	5	1	1	2	4
24	2000	3	5	3	5	5	1	1	1	1	1	3	1	1	2	2
25	2150	2	5	2	2	3	1	3	2	1	1	3	1	3	1	4
26	2000	3	1	3	1	1	2	1	2	1	1	3	1	1	2	4
27	1800	4	1	3	1	1	2	1	1	1	1	3	1	1	2	4
28	1800	4	1	2	3	2	1	1	2	1	1	3	1	1	1	2

Appendix

Table A3. Independent Variables – Ex-Post 2 Scenario

		Ex-post 2 scenario														
Id section	OMI mid	O	U	MD	CR	FL	T	V	S	I	AI	QA	DC	DD	EA	EAT
0	2000	4	4	4	5	5	4	5	4	1	1	5	4	1	4	4
1	2000	5	5	3	5	5	4	5	5	1	1	5	4	5	5	5
2	2000	5	3	3	4	4	4	2	1	1	3	5	4	1	4	4
3	2000	1	3	4	4	3	3	5	1	1	1	5	1	5	1	3
4	2150	3	3	3	4	4	2	5	3	1	1	5	4	5	4	5
5	2150	4	1	2	4	3	2	5	2	1	1	5	3	1	3	4
6	2150	5	4	3	5	5	2	4	1	1	3	3	4	1	4	3
7	2150	3	3	3	2	1	2	1	1	1	4	3	1	1	2	4
8	2150	3	3	3	2	1	4	1	1	1	1	5	1	1	2	3
9	2150	4	3	3	2	2	4	1	1	1	1	5	1	4	2	4
10	2150	4	1	5	1	1	2	1	3	1	1	5	1	1	2	1
11	2150	4	3	5	4	3	2	1	1	1	1	5	1	1	2	1
12	2150	4	3	3	1	3	2	1	1	1	3	5	1	1	2	1
13	2000	1	3	2	1	1	3	5	2	1	1	3	1	1	2	2
14	2000	4	1	2	4	2	3	1	3	1	1	5	1	1	2	4
15	2150	1	5	2	1	1	3	3	2	1	4	5	1	5	1	4
16	2000	2	2	2	2	2	4	5	2	1	5	3	1	1	2	5
17	2000	4	1	1	4	2	4	1	1	1	1	3	3	1	2	1
18	2000	3	1	1	3	2	4	1	4	1	1	1	1	1	2	5
19	2000	4	1	1	1	1	4	1	2	1	1	3	1	1	2	5
20	2000	5	3	5	5	5	2	4	4	1	1	5	4	1	1	1
21	2000	4	5	4	2	2	4	1	2	4	1	3	1	1	3	5
22	1800	4	5	4	3	3	2	2	1	1	1	3	1	1	1	3
23	2000	4	1	3	5	5	4	1	1	1	1	5	1	1	2	4
24	2000	3	5	3	5	5	3	1	1	1	1	3	1	1	3	2
25	2150	2	5	2	2	3	2	3	2	1	1	3	1	3	1	4
26	2000	3	1	3	1	1	4	1	2	1	1	3	1	1	3	4
27	1800	4	1	3	1	1	4	1	1	1	1	3	1	1	2	4
28	1800	4	1	2	3	2	2	1	2	1	1	3	1	1	1	2

Appendix

Table A4. Likert Scale Threshold Values

Indicators	Assessment Criterion	Likert Scale
Active Mobility (MD)	Adequate sidewalks and dedicated cycling infrastructure	5 (Strongly positive)
	Absence of sidewalks and cycling infrastructure	1 (Strongly negative)
Public Transport Service Frequency (F)	Service frequency > 12 services/hour	5 (Strongly positive)
	No public transport service	1 (Strongly negative)
Public Transport Capacity (CR)	Number of passengers < number of available seats	5 (Strongly positive)
	Number of passengers > vehicle capacity and >	1 (Strongly negative)
Private Transport	Flow-to-capacity ratio (80th percentile) < 60%	5 (Strongly positive)
	Flowe-to-capacity ratio (80th percentile) > 120%	1 (Strongly negative)
Public Facilities (V, S, I, AI)	Public facilities > 150% of the planning standard	5 (Strongly positive)
	Public facilities < 40% of the planning standard	1 (Strongly negative)
Commercial Facilities (DC)	High commercial potential – Demand > 20%	5 (Strongly positive)
	No commercial potential	1 (Strongly negative)
Atmospheric Emissions (EAT)	Pollutant concentration more than 20% below the lower regulatory threshold	5 (Strongly positive)
	Pollutant concentration more than 50% above the regulatory limit	1 (Strongly negative)
Noise Emissions (EA)	Noise levels at least 10 dB below the regulatory limit	5 (Strongly positive)
	Noise levels at least 10 dB above the regulatory limit	1 (Strongly negative)
Employment (O)	Employment level > 20%	5 (Strongly positive)
	No employment	1 (Strongly negative)
Users (U)	User level > 20%	5 (Strongly positive)
	No users	1 (Strongly negative)
Architectural Quality (QA)	Buildings in excellent conservation condition	5 (Strongly positive)
	Buildings in very poor conservation condition	1 (Strongly negative)

Appendix

Table A5. Estimated Changes in Property Values – Ex-Post 1 Scenario

Ex-post 1 scenario	
Id section	Percentage change
0	-15%
1	-15%
2	-15%
3	-11%
4	-10%
5	-9%
6	-12%
7	-7%
8	-4%
9	-5%
10	-10%
11	-9%
12	-5%
13	-10%
14	-10%
15	-4%
16	-14%
17	-10%
18	-13%
19	-9%
20	-14%
21	-11%
22	-11%
23	-8%
24	-9%
25	-4%
26	-5%
27	-5%
28	-4%

Appendix

Table A6. Estimated Changes in Property Values – Ex-Post 2 Scenario

Ex-post 2 scenario	
Id section	Percentage change
0	15%
1	15%
2	15%
3	12%
4	14%
5	9%
6	15%
7	9%
8	5%
9	7%
10	9%
11	6%
12	5%
13	10%
14	11%
15	5%
16	11%
17	14%
18	13%
19	11%
20	15%
21	11%
22	12%
23	10%
24	12%
25	6%
26	7%
27	7%
28	5%

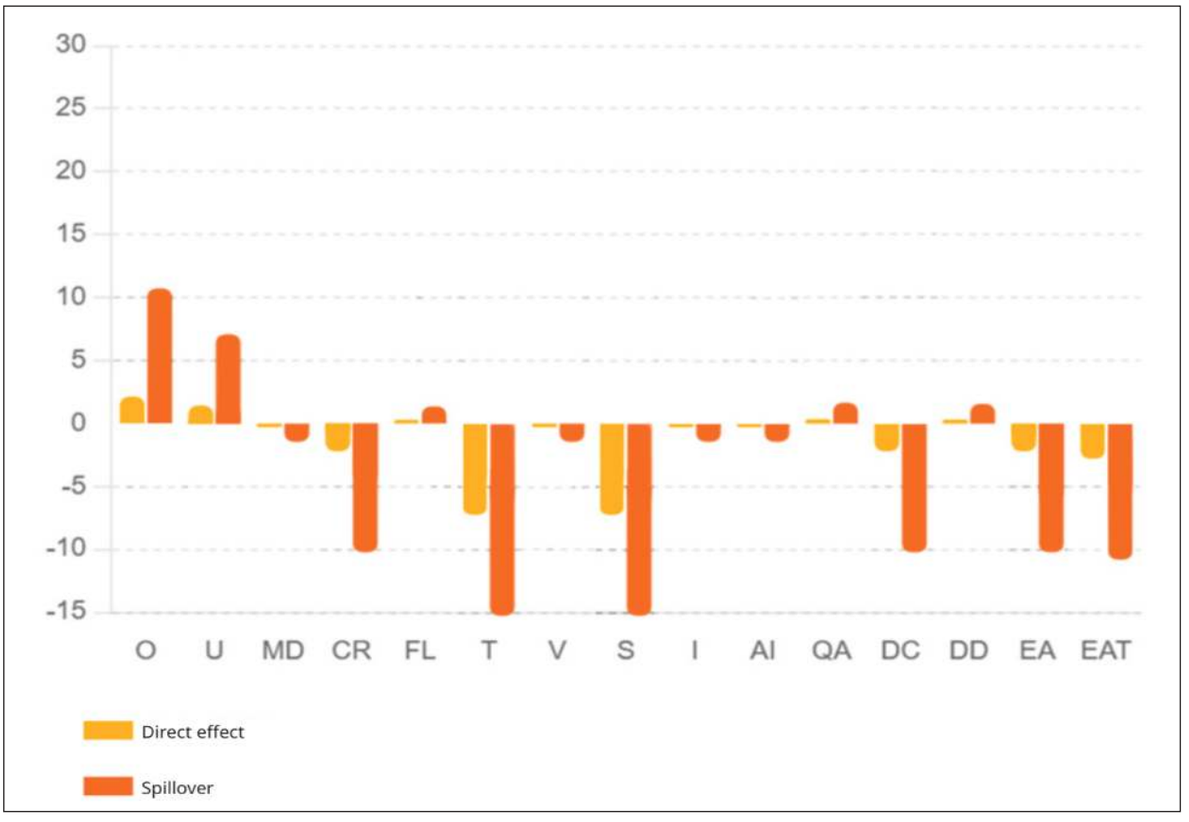


Figure A1. Spillover Effects – Ex-Post 1 Scenario

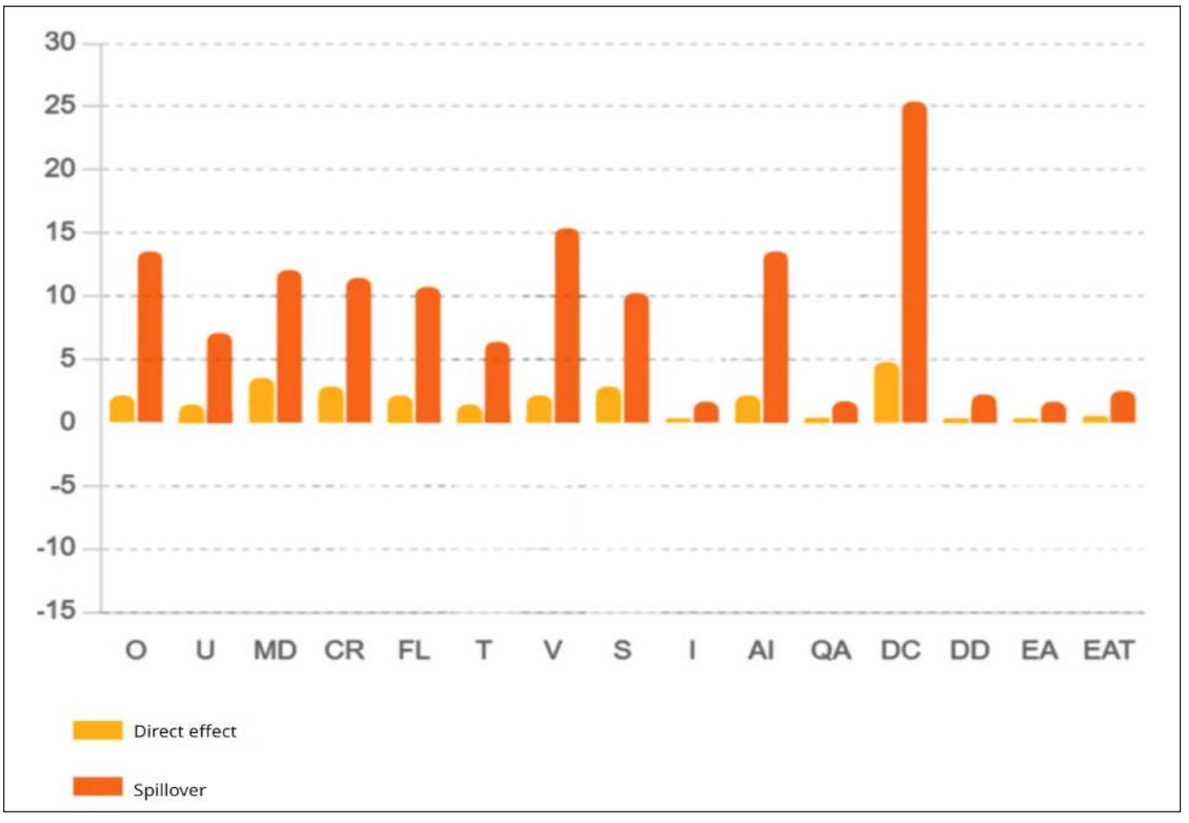


Figure A2. Spillover Effects – Ex-Post 2 Scenario

valori e valutazioni
teorie ed esperienze

Società Italiana di Estimo e Valutazione

Effetti localizzativi degli immobili pubblici nel contesto urbano: esternalità, capitalizzazione nei valori immobiliari e implicazioni per la pianificazione

Lorenzo Ceccarelli[1,*], Simone Rusci[1], Alessandro Farina[2], Massimo Rovai[2], Dario Musolino[3]

[1] Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni, Università degli Studi di Pisa, L.go Lucio Lazzarino, 1, 56122 Pisa, Italia; lorenzo.ceccarelli1@phd.unipi.it; simone.rusci@unipi.it
[2] Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale, Università degli Studi di Pisa, L.go Lucio Lazzarino, 1, 56122 Pisa, Italia; massimo.rovai@unipi.it, alessandro.farina@unipi.it
[3] Dipartimento di Scienze economiche e politiche, Università della Valle d'Aosta, Strada Cappuccini, 2A, 11100 Aosta, Italia; GREEN (Geography, Resources, Environment, Energy & Networks), Università Bocconi, Via Roentgen 1, 20136 Milano, Italia; d.musolino@univda.it
* autore corrispondente

Parole chiave

immobili pubblici; effetti localizzativi; esternalità; mercato immobiliare; econometria spaziale; governance urbana

Abstract

La valutazione degli effetti che interventi di trasformazione urbana e, in particolare, la rilocalizzazione di funzioni pubbliche, inducono sul contesto urbano è determinante per misurarne l'efficacia in termini di qualità dell'ambiente costruito e ricadute economiche. Il documento propone un lavoro basato su un protocollo procedurale articolato in fasi replicabili per stimare, con indicatori quantitativi, gli effetti localizzativi e la loro possibile capitalizzazione nei valori immobiliari, svolto in collaborazione tra Università di Pisa e Agenzia del Demanio. L'approccio integra un modello di matching domanda-offerta (per qualificare pressioni e dotazioni territoriali) con un modello econometrico spaziale SAR (Spatial Autoregressive Model), idoneo a rappresentare la dipendenza spaziale tipica dei mercati immobiliari. L'applicazione riguarda una microzona della città di Cagliari, assumendo come unità di analisi le sezioni di censimento ISTAT. La funzione econometrica del prezzo è stata costruita a partire dai valori residenziali OMI e le variabili esplicative espresse su scala Likert sintetizzano dimensioni socio-economiche, trasportistiche, dotazionali, architettoniche e ambientali. Stimata la funzione dei valori nella situazione ante intervento, sono stati simulati 2 scenari post intervento aggiornando le variabili di contesto. I risultati confermano che l'esito economico della rilocalizzazione dipende in modo significativo dalle politiche di accompagnamento e che il protocollo supporta valutazioni ex ante/ex post utili nel processo decisionale pubblico.

1. Introduzione

Nel dibattito internazionale su città e trasformazioni urbane, gli immobili pubblici non costituiscono soltanto un insieme eterogeneo di cespiti patrimoniali (edifici amministrativi, scuole, presìdi sanitari, attrezzature culturali e sportive, sedi di servizio, complessi dismessi), ma rappresentano - per il loro valore spaziale, la loro visibilità simbolica e la loro capacità di organizzare flussi - dei veri e propri attori spaziali. In altri termini, essi agiscono come dispositivi territoriali che concentrano e redistribuiscono accessibilità, centralità e opportunità, contribuendo a determinare configurazioni di domanda e offerta sul mercato immobiliare e traiettorie di mutamento nel tessuto urbano. Questa prospettiva, che colloca il patrimonio pubblico all'intersezione fra economia urbana, pianificazione e valutazione, consente di leggere la localizzazione (o rilocalizzazione) di funzioni pubbliche come una decisione non meramente logistica o patrimoniale, bensì come una scelta dotata di effetti diffusi e ricadute localizzate in termini economici, sociali e ambientali (Brueckner, 2011).

In linea generale, la teoria economica urbana interpreta la città come un sistema di interdipendenze spaziali: famiglie e imprese effettuano scelte localizzative confrontando costi (rendite, tempi di spostamento, congestione, disamenità) e benefici (accesso a servizi, qualità urbana, prossimità a reti e mercati, dotazioni collettive). In questo quadro, i servizi e le dotazioni pubbliche sono parte integrante della funzione di utilità e delle condizioni di produzione locali; essi concorrono a definire il "pacchetto" territoriale che gli individui consumano scegliendo dove abitare e dove investire. Il punto cruciale è che tali dotazioni sono spesso caratterizzate da non escludibilità e (almeno parziale) non rivalità, cioè da proprietà tipiche dei beni pubblici, con implicazioni dirette sulla formazione delle preferenze, sulla domanda residenziale e sulla competizione tra luoghi (Ostrom, 1990; Tiebout, 1956). In particolare, l'intuizione tieboutiana - pur nella nota idealizzazione dei presupposti di mobilità e informazione - ha avuto il merito di chiarire che la qualità e quantità dei servizi pubblici locali possono riflettersi nella domanda di localizzazione, fino a essere capitalizzate nei valori immobiliari (Tiebout, 1956; Brueckner, 2011).

È su questo sfondo che si colloca il concetto di effetto localizzativo: esso può essere definito come l'insieme delle variazioni (attese o osservate) indotte dalla presenza, dalla trasformazione funzionale o dalla redistribuzione spaziale di un immobile/servizio pubblico su un intorno territoriale più o meno ampio, attraverso canali di accessibilità, reputazione, sicurezza percepita, qualità ambientale, intensità d'uso dello spazio pubblico, attrattività per investimenti e mutamenti d'uso del suolo. Tali variazioni si manifestano in forme misurabili (ad esempio differenze nei prezzi e nei canoni, nella velocità di assorbimento del mercato, nella struttura delle attività, nei flussi pedonali e veicolari) e in forme meno immediatamente monetizzabili (ad esempio coesione sociale, inclusione, benessere urbano, identità dei luoghi). L'elemento concettuale che consente di connettere questi piani è la nozione di esternalità: quando l'azione pubblica (o la semplice esistenza di un bene pubblico) genera costi o benefici che ricadono su soggetti terzi e non sono pienamente mediati dal sistema dei prezzi, ci troviamo in presenza di effetti esterni che alterano la distribuzione del benessere e, spesso, la configurazione stessa dei mercati urbani.

Sul versante valutativo, un punto fermo della letteratura economica è che il mercato immobiliare, laddove sufficientemente informato e concorrenziale, tende a incorporare nel prezzo degli immobili una pluralità di attributi: caratteristiche strutturali dell'unità, qualità del contesto, accessibilità, dotazioni e disamenità. Il modello dei prezzi edonici ha formalizzato questa intuizione, mostrando come il prezzo osservato sia interpretabile come funzione di attributi e come, da tale funzione, sia possibile derivare prezzi impliciti per singole componenti (Rosen, 1974). Da qui discende un'implicazione metodologica rilevante: se gli immobili pubblici generano esternalità (positive o negative) che incidono sulla qualità localizzativa, una parte di tali effetti può risultare capitalizzata nei valori immobiliari circostanti. Tuttavia, proprio perché tali effetti si propagano nello spazio, la loro stima richiede cautela: i prezzi immobiliari non sono osservazioni indipendenti, ma spesso mostrano autocorrelazione spaziale (le unità vicine tendono ad assomigliarsi) e *spillover* (gli effetti in un punto possono influenzare punti contigui). Ignorare questa struttura conduce a stime distorte e a inferenze fragili. È per questo che l'econometria spaziale è diventata un riferimento imprescindibile nelle analisi di impatto territoriale, fornendo strumenti per modellare dipendenze e retroazioni

spaziali (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009). In parallelo, approcci come la *Geographically Weighted Regression* hanno evidenziato come le relazioni fra variabili possano variare nello spazio (eterogeneità spaziale), tema particolarmente pertinente quando si analizzano servizi pubblici i cui impatti dipendono dalla struttura urbana e socioeconomica locale (Fotheringham et al., 2002).

Nonostante questi avanzamenti, la letteratura sul rapporto fra immobili pubblici e città presenta ancora una frammentazione che rende la costruzione di un quadro unitario un obiettivo di ricerca attuale. Da un lato, esiste un vasto filone che stima l'effetto di singole dotazioni (trasporti, verde, scuole, sicurezza, servizi) sui prezzi immobiliari mediante approcci edonici e, più recentemente, modelli spaziali. Dall'altro, una parte consistente della ricerca su patrimonio pubblico e trasformazioni urbane si concentra su questioni di governance, gestione patrimoniale, strumenti finanziari e processi di rigenerazione, senza sempre tradurre tali dinamiche in misure comparabili di impatto localizzativo o in modelli capaci di distinguere fra meccanismi causali concorrenti. In particolare, quando l'oggetto di analisi è un immobile pubblico (e non soltanto un'infrastruttura lineare o un'amenità diffusa), emergono complessità specifiche: (i) l'immobile pubblico è spesso un "contenitore" multifunzionale, quindi produce esternalità attraverso più canali simultanei; (ii) l'effetto può cambiare drasticamente in funzione della destinazione d'uso e della gestione; (iii) l'azione pubblica può modificare le condizioni di contesto (spazio pubblico, accessibilità, sicurezza, servizi complementari), rendendo necessario ragionare per scenari e non per stati statici.

Queste complessità sono al centro di molte impostazioni contemporanee di valutazione, che propongono di affiancare alla stima econometrica una lettura multi-dimensionale degli esiti, includendo criteri ambientali e socio-economici in forma strutturata. In questa direzione si colloca l'impostazione di *benchmark* e criteri di analisi delle esternalità proposta, che esplicita la necessità di un impianto valutativo capace di comparare alternative e interventi attraverso indicatori e metriche replicabili. Tale esigenza si innesta su un contesto di *policy* più ampio: gli obiettivi di sostenibilità e inclusione promossi a scala globale e sovranazionale richiedono che le trasformazioni urbane - incluse quelle che riguardano il patrimonio pubblico - dimostrino non soltanto fattibilità tecnico-economica, ma anche coerenza con traiettorie di sviluppo sostenibile (United Nations, 2015) e con principi regolativi che vincolano l'azione pubblica a evitare danni significativi agli obiettivi ambientali (European Union, 2020).

Lo scopo di questo lavoro è sviluppare e applicare un impianto di analisi in grado di stimare in modo sistematico gli effetti localizzativi prodotti dalla trasformazione (e/o rilocalizzazione) di immobili pubblici nel contesto urbano, con particolare attenzione a come tali effetti si traducono in ricadute misurabili sul territorio. Il presupposto teorico-operativo è che l'immobile pubblico, per la sua natura di "funzione ancorata" nello spazio e per l'insieme di flussi e servizi che genera, non agisca soltanto come "contenuto" di un edificio, ma come generatore di esternalità: alcune intercettate e capitalizzate dal mercato come, ad esempio, attraverso i prezzi immobiliari che approfondiremo di seguito.

In questa direzione, si colloca nell'intersezione tra economia urbana, valutazione immobiliare e pianificazione, con un obiettivo primario: rendere misurabili, confrontabili e comunicabili gli effetti localizzativi associati alla rilocalizzazione (e, più in generale, alla trasformazione funzionale) di un immobile pubblico nel contesto urbano. Il lavoro riprende l'impostazione di Di Liddo et al. (2020) per la costruzione di un approccio che consenta *ex ante* di valutare, in termini quantitativi, gli effetti che un intervento urbano può generare sui valori immobiliari; introducendo (i) la discretizzazione funzionale dell'immobile pubblico in Moduli Funzionali di Base (MFB) per stimare i carichi; (ii) un *matching* Domanda–Offerta che traduce pressioni e dotazioni in variabili indipendenti del modello econometrico spaziale; (iii) una stima delle esternalità economiche mediante il modello di auto regressione spaziale (SAR) che sulla base del *matching* Domanda-Offerta consente di distinguere effetti diretti e *spillover*; (iv) un disegno scenariale *ex-post* 1/*ex-post* 2 che separa l'effetto della sola rilocalizzazione da quello integrato con politiche compensative.

In termini operativi, lo scopo è costruire un impianto metodologico che consenta di:

- selezionare *ex-ante* alternative localizzative o funzionali;
- simulare scenari alternativi *ex-post*, distinguendo l'effetto "puro" della rilocalizzazione dall'effetto "combinato" con politiche migliorative;

- valutare gli impatti mediante un set coerente di indicatori, leggibili anche in chiave decisionale, includendo sia dimensioni "fisico-funzionali" (domanda/offerta di dotazioni e mobilità) sia dimensioni "di mercato" (capitalizzazione nei prezzi immobiliari con modelli spaziali).

Un'impostazione per scenari: (i) scenario *ex-ante*, (ii) scenario *ex-post* 1 (rilocalizzazione con condizioni territoriali invariate) e (iii) scenario *ex-post* 2 (rilocalizzazione con interventi territoriali pubblici migliorativi) è coerente con l'idea che le politiche urbane agiscano come "trattamenti" localizzati i cui effetti possono essere separati (almeno in parte) in componenti dirette e componenti indirette/*spillover*, particolarmente rilevanti quando si studiano mercati immobiliari spazialmente dipendenti (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009).

Un secondo obiettivo, più propriamente scientifico, è superare due criticità ricorrenti nella letteratura sugli effetti localizzativi: (i) la tendenza a misure "*proxy*" della localizzazione (ad esempio distanza euclidea generica) che non chiariscono il meccanismo causale; (ii) la separazione tra analisi urbanistica (dotazioni, accessibilità, coerenza funzionale) e analisi economica (prezzi immobiliari) come domini paralleli e non integrati. Qui, al contrario, la valutazione è pensata come catena di trasmissione: la rilocalizzazione modifica accessibilità e pressione d'uso; queste modifiche producono esternalità (positive/negative) su mobilità, servizi e qualità urbana; una parte di tali esternalità si capitalizza nei valori immobiliari, mentre un'altra resta esterna al mercato e richiede interpretazione pubblica (Baumol & Oates, 1988; LeSage & Pace, 2009).

Questo strumento è stato codificato in un apposito protocollo procedurale strutturato in fasi ed impiegato da una Pubblica Amministrazione, nei capitolati d'appalto, con l'obiettivo di identificare le porzioni urbane sulle quali intervenire in ragione degli effetti positivi/negativi attivabili.

2. Metodologia

La ricerca adotta un impianto metodologico finalizzato a stimare e comparare gli effetti localizzativi generati dalla (ri)localizzazione di una funzione pubblica nel contesto urbano, assumendo che tali effetti derivino dall'interazione tra i carichi prodotti dalla funzione (Domanda) e la capacità del contesto di assorbirli (Offerta). Il modello di riferimento è concettualmente assimilabile alla logica DPSIR (Smeets & Weterings, 1999) raffigurato in Figura 1, nella quale le scelte e condizioni che

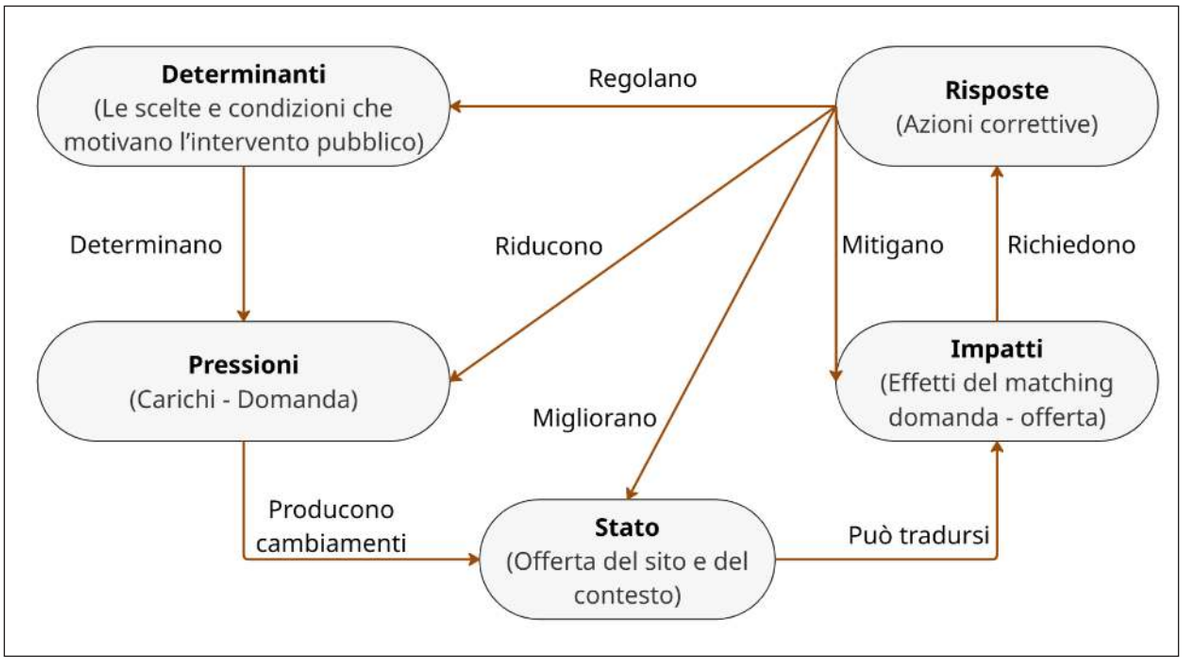


Figura 1. Modello di riferimento della metodologia – elaborazione degli autori.

motivano l'intervento pubblico sono le Determinanti, i carichi funzionali, cioè la Domanda generata dalla funzione pubblica, possono essere letti come Pressioni, le dotazioni territoriali, cioè l'offerta del contesto e del sito come Stato e gli esiti del confronto, cioè gli effetti del *matching* domanda–offerta come Impatti, e infine le azioni correttive/compensative come Risposte. In termini di economia urbana, l'assunto è che il benessere collettivo e l'efficienza localizzativa dipendano dalla capacità di allocare risorse pubbliche in coerenza con la distribuzione spaziale della domanda e con i *trade-off* tra accessibilità e costi di localizzazione (Alonso, 1964; Fujita, 1989).

2.1 Il protocollo di valutazione e le fasi di lavoro

L'identificazione degli effetti sociali, funzionali, economici e ambientali potenzialmente attivati da un'iniziativa di rilocalizzazione pubblica costituisce un passaggio conoscitivo decisivo per orientare le scelte di governo del territorio, soprattutto quando l'intervento riguarda funzioni pubbliche in grado di generare esternalità e redistribuzioni spaziali di benefici e costi. In questa prospettiva, l'Estimo e la Valutazione dei progetti assumono un ruolo non meramente descrittivo, ma propriamente direttivo e regolativo, poiché consentono di tradurre obiettivi di policy e aspettative collettive in criteri misurabili, scenari comparabili e decisioni più trasparenti (Agnoletti & Bocci, 2014).

All'interno del quadro fin qui delineato, si propone pertanto un protocollo procedurale finalizzato all'analisi degli effetti che gli interventi di rilocalizzazione pubblica possono produrre sui valori immobiliari e, più in generale, sugli equilibri territoriali di prossimità. Tale procedura è concepita come una sequenza ordinata e sequenziale di operazioni (step), volta a fornire una prassi metodologico-operativa capace di esplicitare e rendere valutabili le ricadute di un progetto di riqualificazione urbana. L'impianto proposto mira a definire un modello teorico di carattere generale, già utilizzato da una Pubblica Amministrazione, al fine di supportare le fasi decisionali e di comparazione tra alternative di intervento.

Nella seguente tabella è riportato il protocollo proposto, articolato per fasi e corredato, per ciascuna di esse, dalle principali azioni operative da svolgere.

Tabella 1. Protocollo per l'analisi degli effetti localizzativi negli interventi di rilocalizzazione pubblica, sui valori immobiliari

Fase	Descrizione	Azioni
FASE 1	Studio dell'intervento di rilocalizzazione pubblica	1.1 Inquadramento dell'intervento all'interno dell'area di studio. 1.2 Esplicitazione delle principali funzioni previste e degli obiettivi generali del progetto. 1.3 Suddivisione dell'area di studio in aree di censimento 1.4 Discretizzazione della funzione in Moduli Funzionali di Base (MFB)
FASE 2	*Matching* Domanda – Offerta	2.1 Stima della Domanda, valutazione dei carichi generati dalla funzione pubblica. 2.2 Stima dell'Offerta, capacità del contesto e del sito. 2.3 Esiti del *matching* Domanda-Offerta e normalizzazione mediante scala *likert*
FASE 3	Applicazione della tecnica econometrica	3.1 Individuazione della funzione che lega i valori immobiliari alle variabili indipendenti 3.2 Costruzione del modello SAR
FASE 4	Analisi dei legami funzionali	4.1 Determinazione del contributo marginale di ciascuna variabile indipendente per esaminare l'incidenza percentuale della singola variabile sui valori immobiliari
FASE 5	Valutazione degli effetti localizzativi nella situazione "post intervento"	5.1 Applicazione del modello proposto per la valutazione degli effetti localizzativi con riferimento alla situazione "post intervento" ai fini della stima della modifica dei valori delle variabili indipendenti.
FASE 6	Determinazione dei nuovi valori immobiliari previsti nella situazione "post	6.1 Sostituzione nella funzione individuata nel punto 3.1 (Fase 3) dei "nuovi" valori delle variabili indipendenti che, a valle della rilocalizzazione, subiscono modifiche.

Segue Tabella 1. Protocollo per l'analisi degli effetti localizzativi negli interventi di rilocalizzazione pubblica, sui valori immobiliari

Fase	Descrizione	Azioni
FASE 7	Confronto dei valori stimati nelle situazioni "*ante*" e "*post* intervento"	7.1 Per ciascuna zona di censimento in cui è suddiviso l'area di studio, raffronto tra i valori OMI relativi allo stato attuale ed i valori stimati riferiti allo stato "*post* intervento". L'obiettivo è determinare gli eventuali incrementi o decrementi percentuali dei valori immobiliari connessi all'intervento (ri)localizzativo. 7.2 Identificazione delle possibili ragioni a base degli incrementi e/o dei decrementi ipotizzati al fine di validarne la ragionevolezza e la congruenza.
FASE 8	Sintesi dei risultati ottenuti	8.1 Valutazione complessiva dei possibili effetti previsti, non soltanto in termini di variazione dei valori immobiliari, ma anche in termini di innalzamento del livello di qualità urbana, sociale ed ambientale connessi all'intervento di trasformazione.

2.2 Discretizzazione funzionale e costruzione dei Moduli Funzionali di Base (MFB)

Per superare la trattazione "monolitica" dell'immobile pubblico, la metodologia introduce un passaggio preliminare di scomposizione della funzione in componenti elementari, detti Moduli Funzionali di Base (MFB), che rappresentano unità funzionali ricorrenti e necessarie al funzionamento di qualunque organismo pubblico (es. uffici, sale riunioni, archivi, portineria, locali tecnici...). L'idea di modulo è giustificata in analogia con la scomposizione organizzativa in unità omogenee (Venezia, 2013) e con logiche modulari proprie di altri ambiti (ad es. microservizi *software*), dove la scomposizione consente scalabilità e comparabilità (Dragoni et al., 2017). Operativamente, la prototipazione assume una lista iniziale di 12 MFB definita secondo criteri di accessibilità, specializzazione d'uso e relazione con l'utenza:

1. Ufficio individuale: Spazio di lavoro privato destinato ad una singola persona (i.e. ufficio responsabile di area);
2. Ufficio individuale aperto al pubblico: Ufficio privato destinato ad una singola persona ma con accesso consentito al pubblico (i.e. Ufficio Relazioni con il Pubblico);
3. Ufficio multiplo: Ambiente di lavoro condiviso da più persone, organizzato in postazioni individuali (i.e. uffici tecnici);
4. Ufficio multiplo aperto al pubblico: Spazio di lavoro condiviso tra più persone, ma con la possibilità per il pubblico di accedere e interagire con gli addetti (i.e. ufficio anagrafe);
5. Sala riunioni: Ambiente destinato ad incontri, conferenze e discussioni;
6. Auditorium: Spazio adibito ad eventi, presentazioni e conferenze, spesso caratterizzato da una disposizione a gradoni;
7. Laboratorio: Ambiente attrezzato per la ricerca scientifica, la sperimentazione o la produzione;
8. Biblioteca: Struttura destinata alla conservazione e alla consultazione di libri, periodici e altri materiali informativi, con spazi per la lettura e la ricerca;
9. Portineria: Punto di accesso e sorveglianza di un edificio o complesso, dove viene gestito l'ingresso e l'uscita di persone e merci, spesso con la presenza di un portiere o custode;
10. Archivio: Spazio destinato alla conservazione di documenti, dati e registri;
11. Archivio aperto al pubblico: Archivio che consente l'accesso ai materiali da parte di cittadini, ricercatori o altri soggetti;
12. Locali tecnici: Spazi dedicati a impianti e attrezzature tecniche di supporto a un edificio o a un'attività, tra cui impianti di condizionamento, riscaldamento, elettrici o idraulici.

Ogni MFB viene descritto tramite un set di caratteristiche: (i) morfologiche (superficie, altezze, volumi, collegamenti verticali, rapporto aeroilluminante), (ii) dotazionali (parcheggi, spazi accessori,

dispositivi di accessibilità, servizi digitali), (iii) funzionali (n. addetti, profili professionali, flussi orari N. utenti, profilo utenza, orario di erogazione). Il procedimento che si propone per la valutazione degli effetti localizzativi prevede la disaggregazione di tale struttura nelle sue componenti. Ciascun componente, viene poi articolato e misurato tramite opportuni indicatori selezionati. In Tabella 2 sono riportati i 4 indicatori principali per la valutazione degli effetti localizzativi:

Tabella 2. Indicatori di valutazione degli effetti localizzativi – elaborazione degli autori

Indicatori
Mobilità
Dotazioni commerciali Dotazioni pubbliche
Dotazioni dimensionali

Gli indicatori selezionati nel presente studio per la valutazione degli effetti localizzativi sono stati classificati secondo l'interazione due aspetti:

- i carichi prodotti dalla funzione - Domanda;
- la capacità del contesto di assorbirli - Offerta.

La domanda complessiva della funzione pubblica è ottenuta per aggregazione dei carichi generati da ciascun MFB, letti come pressione insediativa complessiva, utile a prevedere esigenze di mobilità, dotazioni e spazi e a valutare la compatibilità della localizzazione.

2.3 Stima della Domanda: carichi generati dalla funzione pubblica

La Domanda è definita come l'insieme delle richieste che devono essere soddisfatte affinché la funzione possa operare in una data localizzazione, essa è articolata in quattro indicatori:

1. Domanda di mobilità.

   La domanda totale (emessa e attratta) viene ripartita per modalità tramite il coefficiente di ripartizione modale (*modal split*), reperibile - quando possibile - da fonti sito-specifiche (es. PUMS) o, in assenza, da valori medi nazionali e comparazioni europee riportate nel documento. Questo passaggio è cruciale perché la sostenibilità dell'intervento non dipende solo dall'entità dei flussi, ma dalla loro distribuzione modale.

2. Domanda di dotazioni pubbliche.

   Per la domanda di dotazioni pubbliche si assume come riferimento quella prevista dagli standard urbanistici (D.M. 1444/1968) [18mq complessivi], articolando la dotazione in verde pubblico (*VP*), parcheggi pubblici (*PP*), aree per l'istruzione (*AI*) e attrezzature di interesse comune (*AC*). La quota effettivamente utilizzata dagli addetti e utenti viene stimata mediante coefficienti correttivi (*K*) che riflettono intensità e plausibilità d'uso: K_{vp}=0,5; K_{pp}=1; K_{ai}=0,3; K_{ac}=0,1.
   Questo consente di evitare un'applicazione meccanica degli standard, rendendo la domanda coerente con il profilo funzionale del servizio. La domanda di dotazioni pubbliche complessiva sarà dunque data da (Eq. 1):

$$DP = VP \cdot K_{vp} + PP \cdot K_{pp} + AI \cdot K_{ai} + AC \cdot K_{ac} \quad (1)$$

3. Domanda di dotazioni commerciali.

   La domanda relativa ai servizi di vendita di cibi e bevande è stimata come capacità di attivazione di servizi non *tradable*, derivata da statistiche di spesa e fatturato medio (imposta-

zione *demand-driven*), con l'obiettivo di tradurre l'arrivo di addetti e utenti in domanda addizionale potenzialmente in grado di sostenere nuove attività e, quindi, esternalità economico-occupazionali, secondo i 4 passaggi rappresentati nello schema seguente:

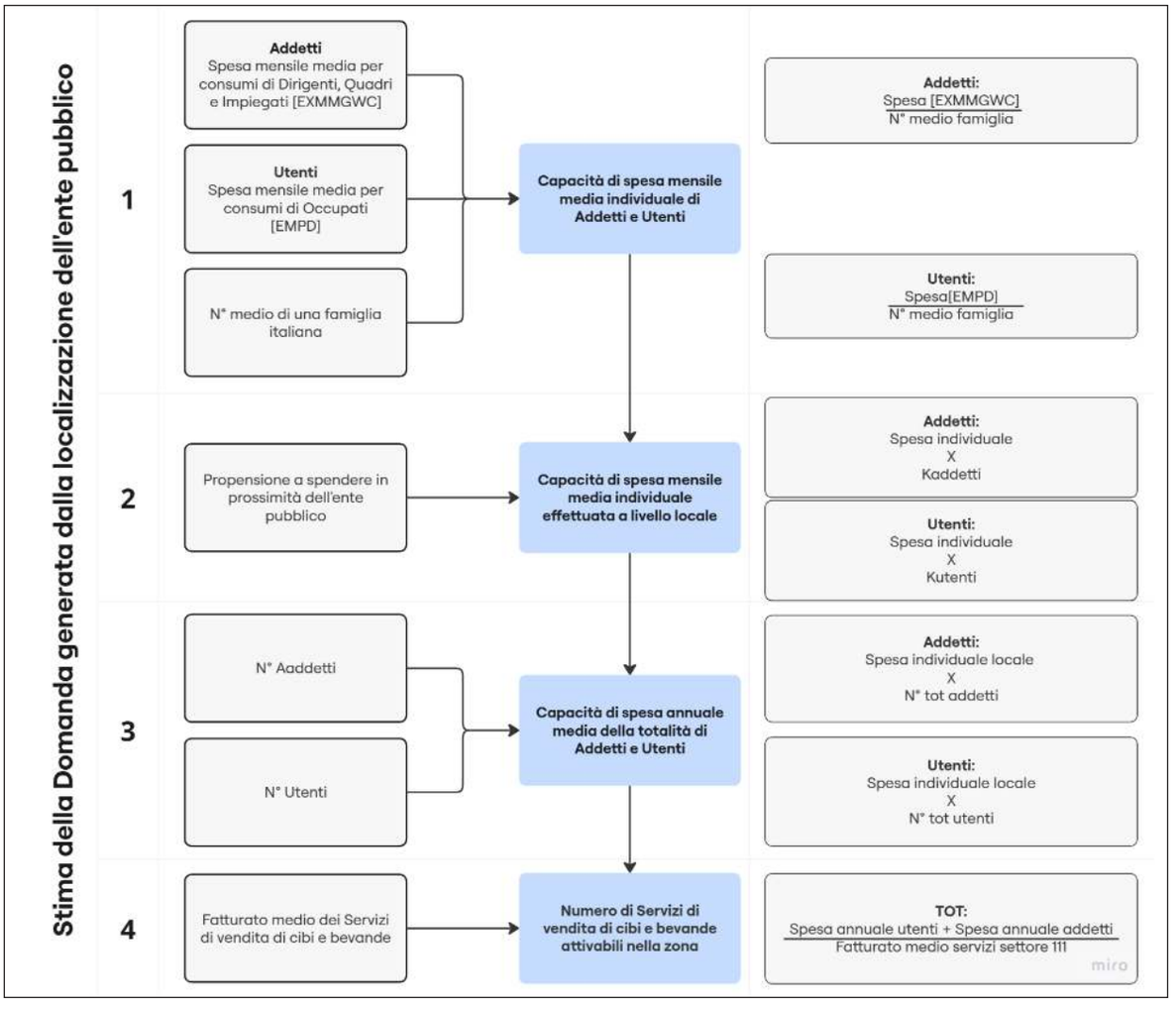


Figura 2. Schema di sintesi per la stima della Domanda di dotazioni commerciali – elaborazione degli autori

4. Domanda di dotazioni dimensionali.

   La domanda di superficie è ricondotta al quadro esigenziale (quando disponibile) dell'amministrazione da rilocalizzare, oppure stimata tramite standard di sicurezza/igienico-sanitari e criteri di affollamento; la logica è verificare se la localizzazione è in grado di "ospitare" la funzione senza generare surplus di domanda (domanda non soddisfatta).

2.4 Stima dell'Offerta: capacità del contesto e del sito

L'Offerta rappresenta la disponibilità di risorse e dotazioni capaci di assorbire i carichi. L'analisi è costruita su due scale: offerta endogena (risorse interne e pertinenziali) e offerta esogena (dotazioni presenti nell'intorno urbano). Le dotazioni territoriali vengono misurate entro un intorno di accessibilità e prossimità pedonale quotidiano, che secondo Ellis et al., (2016) e Gaglione et al., (2022), viene assunto in un raggio di 500 mt, in quanto diminuisce la probabilità che gli esiti osservati siano influenzati da fattori esterni non controllati, inoltre secondo Di Liddo et al. (2020) entro questo raggio il decadimento spaziale risulta poco significativo.

1. Offerta di mobilità.

   Per la mobilità dolce la valutazione è prevalentemente qualitativa (presenza e qualità di marciapiedi e piste ciclabili).
   Per il trasporto pubblico la valutazione dipende dalla frequenza del servizio e dalla capacità disponibile a bordo mezzo.
   Per il trasporto privato la capacità stradale è valutata mediante il rapporto flusso/capacità nelle situazioni di punta, seguendo una metodologia ampiamente consolidata nei sistemi di trasporto e che deriva dal rapporto Buchanan Commission, (1963), "Traffic in towns" che prevede le seguenti fasi:

   - Delimitazione area di studio;
   - Suddivisione dell'area di studio in zone di traffico;
   - Modellizzazione della rete di trasporto;
   - Costruzione di una matrice origine-destinazione di tentativo;
   - Aggiornamento della matrice origine-destinazione mediante conteggi di traffico;
   - Stima della domanda di trasporto generata dall'edificio oggetto di riconversione;
   - Assegnazione della domanda di trasporto individuale alla rete e calcolo dei flussi sugli archi stradali, prima e dopo la riconversione dell'edificio in oggetto.

2. Offerta di dotazioni pubbliche.

   L'offerta di dotazioni pubbliche viene misurata in relazione agli standard del D.M. 1444/1968 attraverso degli indicatori quantitativi che ne valutano la presenza e la distribuzione spaziale nell'area oggetto di intervento.

3. Offerta di dotazioni commerciali.

   L'offerta relativa ai servizi di vendita di cibi e bevande viene stimata come potenziale sostenibile da residenti e occupati nell'area, seguendo la metodologia proposta nella valutazione della domanda e poi confrontata con l'offerta attuale;

4. Offerta di dotazioni dimensionali.

   Le superfici disponibili (SUL, spazi accessori, potenzialità di adattamento) sono quantificate per verificare la compatibilità tra domanda di spazi e offerta edilizia.

2.5 *Matching* Domanda - Offerta

Il *matching* Domanda–Offerta costituisce la fase di sintesi attraverso cui quanto stimato nei paragrafi precedenti viene tradotto in effetti localizzativi leggibili e comparabili. In particolare, per ciascuna componente sottoposta al vaglio (mobilità, dotazioni pubbliche, dotazioni commerciali e dotazioni dimensionali) gli indicatori della Domanda e dell'Offerta vengono misurati attraverso le relative modalità di calcolo riportate in Tabella 3, così da consentire, per ogni sezione di censimento, un confronto strutturato tra carichi indotti e capacità del contesto di assorbirli. Il risultato del confronto restituisce esiti prestazionali interpretabili come *surplus*, equilibrio o *gap*/sottodotazione (e quindi, in senso lato, come effetti localizzativi positivi/negativi/neutri), ma tali esiti presentano unità di misura eterogenee (numero, mq/ab, servizi/ora, rapporti prestazionali) e non sono direttamente confrontabili tra domini. Per questa ragione, gli *output* del *matching* vengono normalizzati mediante una scala Likert (Likert, 1932), visibile in Tabella A4, con punteggi attribuiti da un *panel* interdisciplinare di esperti, selezionato in ragione di competenze documentate sui temi oggetto di valutazione (pianificazione urbana/territoriale, estimo e valutazione economica, trasporti). In termini di Estimo e Valutazione dei progetti, questo passaggio risponde all'esigenza di ottenere valori omogenei che consentono sia la comparazione tra dimensioni diverse sia la valutazione multi-obiettivo delle esternalità, utili a supportare decisioni trasparenti (Agnoletti et al., 2014). La normalizzazione svolge inoltre una funzione operativa di raccordo con la parte econometrica: i punteggi della scala Likert, costruiti per ciascuna sezione e per ciascun dominio, costituiscono infatti le variabili

indipendenti (X) del modello SAR, che viene utilizzato per stimare in che misura tali variazioni prestazionali del contesto possano essere capitalizzate nei valori immobiliari tenendo conto della dipendenza spaziale e degli *spillover* tipici dei mercati urbani (Anselin, 1988; Elhorst, 2014; LeSage & Pace, 2009).

Tabella 3. Indicatori proposti per la valutazione degli effetti localizzativi

Indicatori	**Domanda**	**Offerta**
Mobilità	Trasporto pubblico locale Persone che utilizzano il trasporto collettivo [Numero] Mobilità privata Persone che utilizzano mezzi privati [Numero] Emissioni acustiche Valori limite [dB] Emissioni ambientali Concentrazione di inquinante [μg/m^3] Mobilità dolce Persone che preferiscono spostamenti pedonali o ciclabili [Numero]	Trasporto pubblico locale Frequenza servizio [N° passaggi/ora] Capacità dei mezzi [N° passeggeri/mq] Mobilità privata Flussi sugli archi [rapporto flusso/capacità in vec/h] Emissioni acustiche Valori limite [dB] Emissioni ambientali Concentrazione di inquinante [μg/m^3] Mobilità dolce Livello qualitativo dei percorsi pedonali o ciclabili [Presenza di sede protetta o promiscua]
Dotazioni pubbliche	Verde pubblico Richiesta di spazi pubblici attrezzati [mq] Sosta Richiesta di parcheggi [mq] Istruzione Richiesta di servizi educativi [mq] Attrezzature di interesse comune Richiesta di servizi culturali e assistenziali [mq]	Verde pubblico Dotazione di spazi pubblici attrezzati presenti nella zona [mq] Sosta Dotazione di parcheggi presenti nella zona [mq] Istruzione Dotazione di servizi educativi presenti nella zona [mq] Attrezzature di interesse comune Dotazione di servizi culturali e assistenziali presenti nella zona [mq]
Dotazioni commerciali	Servizi di vendita di cibi e bevande Servizi attivabili [Numero] Occupazione	Servizi di vendita di cibi e bevande Servizi attivi [Numero] Occupazione
Dotazioni dimensionali	Superfici Superfici richieste [mq]	Superfici Superfici disponibili [mq]

2.6 La tecnica econometrica

La tecnica econometrica adottata per stimare la funzione dei prezzi di compravendita, in relazione alle variabili che ne determinano la formazione, è il modello autoregressivo spaziale (SAR, *Spatial Autoregressive Model*). La scelta del SAR risponde a una condizione strutturale dei mercati immobiliari: i prezzi non sono indipendenti nello spazio, ma tendono a presentare dipendenza spaziale e autocorrelazione perché gli immobili prossimi condividono qualità di contesto (accessibilità, dotazioni, caratteristiche ambientali) e perché i processi di formazione del prezzo utilizzano comparabili territorialmente vicini e aspettative che si propagano nello spazio (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009; Elhorst, 2014). In termini operativi, ciò implica che una regressione "aspaziale" (OLS) può risultare inefficiente e, in specifiche condizioni, produrre inferenze distorte, soprattutto quando la variabile dipendente incorpora meccanismi di "*feedback*" spaziale (Elhorst, 2014). Questo orientamento è ampiamente coerente con le rassegne metodologiche dedicate all'uso dell'econometria spaziale nel *real estate*, che evidenziano come la modellazione esplicita della dipendenza spaziale (SAR e modelli affini) rappresenti un'estensione naturale dei modelli edonici quando l'obiettivo è stimare correttamente l'incidenza di attributi urbani e di esternalità territoriali sui valori (Krause & Bitter, 2012; Abdul Wahab et al., 2022).

Sul piano metodologico, contributi applicativi e di inquadramento mostrano che l'introduzione della componente spaziale consente di rappresentare meglio la struttura relazionale dei sub-mercati, chiarendo il ruolo della specificazione di W e la necessità di distinguere tra dipendenza endogena della variabile dipendente e correlazioni spaziali residue (Anselin & Lozano-Gracia, 2008; Anselin & Lozano-Gracia, 2009; Anselin et al., 2010). Sul versante empirico, un *corpus* crescente di studi adotta specificazioni SAR (o strettamente correlate) per analizzare prezzi immobiliari e impatti di componenti urbane che agiscono come esternalità localizzative -accessibilità, dotazioni, qualità ambientale, servizi e trasformazioni del contesto - mostrando come l'effetto di tali variabili non sia confinato all'unità direttamente osservata ma possa diffondersi nelle aree contigue (Ibeas et al., 2012; Huderek-Glapska & Trojanek, 2013). Nella prospettiva della rigenerazione urbana e della valutazione di interventi (inclusi quelli connessi a funzioni/asset pubblici e alla loro rifunzionalizzazione), l'uso di modelli spaziali si rivela particolarmente utile perché consente di trattare esplicitamente gli effetti di rete e di supportare confronti scenariali più aderenti al funzionamento dei mercati urbani (Bottero et al., 2017; Toloza-Delgado et al., 2024; Crudu & Racul, 2024).

Infine, coerentemente con questa letteratura, l'adozione del SAR nel presente lavoro consente non solo di stimare la relazione "prezzo–attributi", ma di farlo in una forma "prezzo–attributi–spazio": attraverso ρWy e la matrice moltiplicativa $(\mathrm{I}\text{-}\rho\mathrm{W})^{-1}$, il modello rende esplicita la possibilità di effetti diretti, *spillover* e totali, aspetto cruciale quando si studiano effetti localizzativi di natura intrinsecamente spaziale (LeSage & Pace, 2009; Elhorst, 2014).

Coerentemente con l'impostazione procedurale proposta, nella fase "*ex-ante*" l'obiettivo è definire una funzione econometrica del prezzo sulla base delle variabili indipendenti scelte e, nella fase "*ex-post*", a stimare nuovi valori sostituendo le variabili indipendenti modificate dall'intervento. Il modello SAR viene qui impiegato come strumento capace di: (i) stimare una funzione di prezzo robusta nella situazione *ex ante*; (ii) integrare in modo coerente la propagazione spaziale dell'informazione di prezzo; (iii) consentire la simulazione *ex post* attraverso l'aggiornamento delle variabili indipendenti.

Nel contesto delle valutazioni immobiliari, il modello SAR viene tipicamente applicato a una variabile dipendente espressa in forma logaritmica ($y=\ln(P)$), dove P è il vettore dei prezzi osservati, per interpretare i coefficienti in termini di semi-elasticità. La specificazione generale del SAR è espressa nella seguente forma (Eq. 2):

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon \tag{2}$$

dove:

- y è il vettore N×1 dei log-prezzi;
- X è la matrice delle variabili indipendenti (costruite secondo la struttura adottata);
- β è il vettore dei parametri associati alle variabili indipendenti;
- W è la matrice dei pesi spaziali, che formalizza la struttura del "vicinato" tra osservazioni di contiguità, standardizzata per riga;
- ρ è il coefficiente di autoregressione spaziale, che misura l'intensità dell'interazione tra il prezzo di un immobile e i prezzi degli immobili "vicini" secondo ;
- ε è il termine di errore.

La presenza del termine introduce un meccanismo di feedback spaziale: un cambiamento in un'area può riflettersi nelle aree contigue e, per via delle retroazioni, rientrare sull'area originaria. Questa proprietà è particolarmente rilevante nello studio degli effetti localizzativi, perché consente di distinguere tra impatti strettamente locali e impatti che si diffondono nello spazio urbano (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009).

2.6.1 La matrice dei pesi spaziali W

La definizione della matrice dei pesi spaziali W è un passaggio sostantivo dell'analisi, poiché

formalizza l'ipotesi su come si trasmettono nello spazio le interazioni di mercato e, di conseguenza, condiziona sia la stima del parametro di dipendenza endogena ρ sia la decomposizione degli impatti in effetti diretti e *spillover*. La letteratura applicata alle valutazioni immobiliari evidenzia che la scelta di W non è un dettaglio tecnico, ma un'assunzione strutturale che deve essere motivata e, quando possibile, sottoposta a verifiche di sensibilità, soprattutto in contesti urbani complessi e in analisi a scala micro-territoriale (Krause & Bitter, 2012; Abdul Wahab et al., 2022; Anselin & Lozano-Gracia, 2008, 2009; Anselin et al., 2010).

Nel presente studio, l'unità di analisi è costituita da sezioni di censimento (poligoni), e gli effetti localizzativi oggetto di valutazione sono fortemente connessi a prossimità e continuità spaziale (flussi, dotazioni, accessibilità, esternalità ambientali), ossia a meccanismi che si manifestano primariamente tra aree adiacenti. Per tale ragione, la specificazione principale adotta una matrice W di contiguità (aree confinanti), successivamente normalizzata per riga, così che Wy sia interpretabile come media pesata dei valori nel vicinato. In micro-aree urbane, la contiguità risulta particolarmente interpretabile perché permette di rappresentare relazioni di vicinato coerenti con la fruizione locale e con il funzionamento dei sub-mercati immobiliari, come mostrato anche da applicazioni empiriche che impiegano modelli spaziali (inclusi SAR e specificazioni affini) per stimare l'incidenza di attributi urbani e di esternalità su prezzi o valori immobiliari (Ibeas et al., 2012; Huderek-Glapska & Trojanek, 2013).

Si riconosce tuttavia che, in campioni contenuti e quando il numero di vicini varia tra unità, una W di contiguità può risultare relativamente meno informativa o più sensibile alla geometria delle unità territoriali. Per questo motivo, in linea con le indicazioni delle rassegne metodologiche e delle applicazioni in *real-estate econometrics*, il lavoro considera anche matrici alternative basate su k-nearest neighbors (kNN), che garantiscono a ciascuna unità un numero costante di vicini e riducono la dipendenza della stima dall'eterogeneità del grado di contiguità (Krause & Bitter, 2012; Abdul Wahab et al., 2022). Operativamente, le matrici kNN vengono costruite sui centroidi delle sezioni, selezionando valori di k coerenti con la densità del vicinato osservata nella rete di contiguità (ad esempio k attorno al grado medio) e testando un intorno ristretto di alternative (es. k=4 e k=5, con analisi di sensibilità su valori adiacenti), sempre con normalizzazione per riga, (*row-standardized*) affinché la somma dei pesi di ciascuna riga sia pari a 1. Tale normalizzazione facilita l'interpretazione del termine Wy come "media pesata" dei prezzi nel vicinato (Anselin, 1988; Elhorst, 2014), facilitando la lettura di ρ.

2.6.2 Diagnosi

Prima di procedere alla stima di un modello autoregressivo spaziale (SAR), è metodologicamente necessario verificare se i dati presentano autocorrelazione spaziale, cioè se le osservazioni geograficamente vicine tendono a mostrare valori simili (o dissimili) in misura sistematica. A tal fine, viene adottato il *test* di Moran's I, applicato in particolare ai residui del modello OLS preliminare (Anselin, 1988).

Operativamente, Moran's I può essere espresso nella seguente forma (Eq. 3):

$$I = \frac{N}{S_0} \cdot \frac{\mathbf{e}'\mathbf{W}\mathbf{e}}{\mathbf{e}'\mathbf{e}} \tag{3}$$

dove $\mathbf{e}$ è il vettore di residui, $\mathbf{W}$ la matrice dei pesi spaziali, $\boldsymbol{N}$ è il numero di osservazioni (sezioni), e $\boldsymbol{S_0} = \sum_i \sum_j \mathbf{w_{ij}}$ è la somma dei pesi. Valori positivi e statisticamente significativi indicano autocorrelazione spaziale positiva (*clustering*), giustificando l'adozione di un modello spaziale.

2.6.3 Stima dei parametri

Una volta verificata la presenza di dipendenza spaziale, la stima dei parametri viene condotta attraverso la Massima Verosimiglianza (Maximum Likelihood Estimation, ML). La scelta della ML per un modello SAR è motivata da ragioni econometriche specifiche legate alla natura del termine autoregressivo spaziale .

Nel SAR, infatti, la variabile dipendente compare sia a sinistra sia a destra dell'equazione (tra-

mite il lag spaziale), generando un problema di endogeneità strutturale: *Wy* è correlato con il termine di errore e non può essere trattato come regressore esogeno. In questi casi, l'applicazione di OLS produce stime distorte e incoerenti. La Massima Verosimiglianza consente di stimare congiuntamente i parametri:

- ρ (coefficiente di dipendenza spaziale endogena),
- β (coefficiente delle variabili indipendenti),
- σ^2 (varianza dell'errore),

incorporando nella funzione di verosimiglianza il termine $\ln | I - \rho W |$, che deriva dalla trasformazione jacobiana necessaria per passare dalla distribuzione di ε a quella di y (Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009). Questo passaggio è cruciale: è proprio la presenza del determinante che "traccia" la struttura spaziale e consente di identificare correttamente ρ.

2.6.4 Interpretazione degli effetti

Un aspetto qualificante del SAR, fondamentale per l'analisi degli effetti localizzativi, è che i coefficienti β non si interpretano come semplici effetti marginali "locali": la componente autoregressiva implica che una variazione di $\boldsymbol{X}$ in un punto può produrre:
effetti diretti sull'unità interessata (semi-elasticità),
effetti indiretti sulle unità vicine (*spillover*),
effetti totali come somma dei due.

Questi effetti si ricavano dalla matrice moltiplicativa $(\mathbf{I}-\boldsymbol{\rho}\mathbf{W})^{-1}$, che formalizza la propagazione spaziale degli impatti (LeSage & Pace, 2009).

Questa prospettiva è particolarmente adatta allo studio, poiché gli effetti localizzativi sono per definizione spazialmente diffusi e possono manifestarsi come gradienti di impatto che decrescono con la distanza.

In linea con la logica del protocollo adottato, dopo aver stimato la funzione dei prezzi nella situazione *ex-ante*, ricavandoci ρ e β, la stima *ex-post* viene ottenuta sostituendo nella matrice $\boldsymbol{X}$ i valori aggiornati delle variabili indipendenti che si prevede varino per effetto dell'intervento, mantenendo invariata la struttura della relazione stimata (stessa ρ, stessa β, stessa $\mathbf{W}$). Il confronto tra valori stimati *ex-ante* ed *ex-post* consente di quantificare la variazione dei prezzi attribuibile alla trasformazione, distinguendo, quando necessario, il contributo "localizzato" e quello "diffuso" tramite *spillover*.

L'analisi econometrica può essere riassunta nei seguenti stadi:

1. Preparazione dei dati: Raccolta dei dati geografici (shapefile) e delle variabili indipendenti di interesse;
2. Creazione della matrice W: Definizione della struttura spaziale (contiguità) e normalizzazione delle righe (per ottenere una media ponderata);
3. Diagnostica: Esecuzione di Test di Moran per confermare la presenza di autocorrelazione spaziale, giustificando l'uso del modello SAR rispetto a una normale regressione lineare;
4. Stima: Il modello viene stimato tramite massima verosimiglianza (ML);

Interpretazione degli effetti: Utilizzo di strumenti post-stima (*estat impact in Stata*) per calcolare gli effetti.

2.6.5 Valutazione delle performance

La valutazione delle performance del modello SAR è condotta attraverso un *set* di indicatori e *test* coerenti con la prassi dell'econometria spaziale applicata ai mercati immobiliari, con l'obiettivo di verificare (i) la bontà dell'adattamento, (ii) il miglioramento della specificazione spaziale rispetto a un modello aspaziale e (iii) la presenza/residua assenza di autocorrelazione spaziale. In primo

luogo, si considera il *log-likelihood* del modello SAR stimato tramite Massima Verosimiglianza (ML) e lo si confronta con quello del modello OLS di riferimento mediante *Likelihood Ratio test*, così da verificare formalmente se l'introduzione della componente spaziale (ρWy) produce un incremento statisticamente significativo della capacità esplicativa (Anselin, 1988; Elhorst, 2014). In secondo luogo, vengono impiegati i criteri informativi AIC e BIC, particolarmente utili per confronti tra specificazioni alternative (ad esempio diverse definizioni della matrice dei pesi W o set di regressori), in quanto bilanciano qualità dell'adattamento e complessità parametrica (Elhorst, 2014). A supporto della capacità predittiva, si calcola inoltre l'RMSE sulla variabile dipendente $Y=ln\ (OMI)$, come misura sintetica dell'errore medio di previsione nel dominio logaritmico, utile anche per confronti con specificazioni non spaziali.

Accanto a tali misure di *fit*, la diagnostica include un *test* esplicito della componente spaziale tramite Moran's I, calcolato con p-*value* da permutazioni (approccio preferibile in campioni contenuti), sia sulla variabile dipendente sia sui residui del modello, per descrivere la struttura di *clustering* spaziale e verificare la riduzione dell'autocorrelazione residua a seguito della stima SAR (Cliff & Ord, 1981; Moran, 1950). Infine, la stima del parametro di dipendenza spaziale endogena ρ viene accompagnata dalla valutazione della sua significatività statistica (errore standard e z-test, oppure test LR/Wald in contesto ML), al fine di qualificare l'intensità della dipendenza spaziale e la presenza di *spillover* endogeni nei valori immobiliari (LeSage & Pace, 2009). Nel loro insieme, questi criteri consentono di documentare in modo trasparente la bontà del modello, la convenienza della specificazione spaziale rispetto all'OLS e l'adeguatezza della struttura dei residui in vista dell'uso scenariale *ex-ante/ex-post*.

3. Il caso studio: l'ex carcere giudiziario di Buoncammino (CA)

Il protocollo di valutazione è qui implementato con riferimento all'intervento di rilocalizzazione pubblica in corso di attuazione nella città di Cagliari, capoluogo della regione Sardegna. L'intervento ricade nella fascia urbana Semicentrale della città, delimitata dall'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI) dell'Agenzia delle Entrate (http://www.agen-ziaentrate.gov.it/).

Il complesso dell'ex carcere giudiziario di Buoncammino (Fig. 3) costituisce un caso pilota emblematico per la sperimentazione del protocollo proposto. Esso si colloca all'interno del centro sto-



Figura 3. L'edificio dell'ex carcere giudiziario di Buoncammino - situazione attuale

rico di Cagliari, sul rilievo del Colle di San Lorenzo, in un contesto morfologico, topografico e paesaggistico di particolare complessità e valore. L'area in esame rappresenta un raro esempio di stratificazione funzionale e simbolica, nel quale si intersecano elementi di interesse storico, urbanistico, istituzionale e paesaggistico. L'edificio, costruito a partire dal 1855 come carcere giudiziario all'interno della cittadella militare sabauda, appartiene alla categoria delle "istituzioni totali" (Goffman, 1961), configurandosi per decenni come infrastruttura destinata alla segregazione, alla chiusura e al controllo. Il paradosso urbano risiede nella sua collocazione: un luogo fisicamente dominante – per la sua posizione baricentrica e panoramica sul crinale – ma funzionalmente escluso, impermeabile e separato dalla vita urbana. Questo dualismo tra valore insediativo e funzione segregativa ne fa oggi un oggetto privilegiato di riconversione, secondo logiche di rigenerazione urbana capaci di restituire valore pubblico a un sito storicamente sottratto all'uso collettivo.

La funzione detentiva è stata dismessa nel 2014, aprendo la possibilità di ridefinizione funzionale secondo logiche di trasformazione d'uso, valorizzazione patrimoniale e reintegrazione urbana. In tale quadro, il complesso di Buoncammino si presenta come un contesto ideale per applicare il protocollo, in quanto:
dispone di un elevato potenziale insediativo non ancora rifunzionalizzato;
è posizionato in un nodo strategico della città, in grado di supportare funzioni urbane complesse;
presenta un sistema di vincoli, preesistenze e articolazioni spaziali che rendono necessario un approccio modulare, scalabile e adattivo.

L'analisi multidimensionale del sito – morfologica, funzionale, localizzativa e prestazionale – costituisce la base per valutare la compatibilità tra la "domanda aggregata" dei MFB e l'"offerta complessiva" del compendio, al fine di verificare la possibilità di insediare un nuovo Polo Amministrativo secondo criteri di sostenibilità, efficienza funzionale e valorizzazione del patrimonio pubblico.

4. Risultati

4.1 Determinazione del modello generalizzato nella situazione "*ex-ante*"

La determinazione del modello generalizzato nella situazione "*ex-ante*" costituisce il passaggio cardine della procedura valutativa; essa corrisponde alla fase in cui si definisce, su base empirica, la funzione di prezzo che lega i valori immobiliari alle variabili indipendenti che ne determinano la formazione nello stato attuale.

L'unità territoriale di riferimento è la sezione di censimento ISTAT (i=1,...,N) compresa entro un'area di prossimità pedonale di 500 m rispetto al polo oggetto di analisi. La variabile dipendente Y_i è definita come $Y_i = ln(P_i)$, dove P è il valore immobiliare (in €/m²) attribuito a ciascuna sezione sulla base delle tre zone OMI intercettate nel buffer (C2, C3, B1), mediante *mid-point* tra i valori *min-max* per la tipologia residenziale considerata (abitazioni civili). L'utilizzo di tre zone OMI consente di introdurre sufficiente variabilità nei livelli di a scala di sezione, rendendo identificabile la stima dei parametri in un modello SAR globale;

La matrice delle variabili indipendenti riportata in (Eq. 4), per sezione assume la forma:

$$x_i = [1,\ O_i,\ U_i,\ MD_i,\ CR_i,\ FL_i,\ T_i,\ V_i,\ S_i,\ I_i,\ AI_i,\ QA_i,\ DC_i,\ DD_i,\ EA_i,\ EAT_i] \tag{4}$$

dove ciascun indicatore è espresso su scala Likert 1–5 (Tab. A1).

La funzione generalizzata ex-ante riportata in (Eq. 5), è stimata attraverso un modello autoregressivo spaziale (SAR), che incorpora in modo esplicito la dipendenza spaziale.

La specificazione generalizzata è:

$$y = \rho \sum_i w_{ij}\, y + \beta_0 + \beta_1 O_i + \beta_2 U_i + \beta_3 MD_i + \beta_4 CR_i + \beta_5 FL_i + \beta_6 T_i + \beta_7 V_i + \beta_8 S_i + \beta_9 I_i + \beta_{10} AI_i + \beta_{11} QA_i + \beta_{12} DC_i + \beta_{13} DD_i + \beta_{14} EA_i + \beta_{15} EAT_i + \varepsilon i \tag{5}$$

La determinazione del modello ex - ante segue una sequenza analitica coerente con la logica del protocollo:

- Stima OLS preliminare (modello aspaziale) e diagnosi dell'autocorrelazione spaziale tramite i seguenti indicatori:

  $log\ L_{OLS}$ = 54,3551
  $log\ L_{SAR}$ = 65,8417
  LR = 2($log\ L_{SAR} - log\ L_{OLS}$) = 22,9731, p = $1{,}64\times10^{-6}$
  AIC OLS = −74,7103; AIC SAR = −95,6834
  BIC OLS = −51,4662; BIC SAR = −71,0721
  RMSE OLS (su Y = ln (OMI)) = 0,03713; RMSE SAR = 0,03780
  Moran's I su Y = 0,6331 (p = 0,001, 999 permutazioni)
  Moran's I su residui strutturali SAR = −0,0808 (p = 0,546, 999 permutazioni)
- Stima SAR mediante Massima Verosimiglianza (Moltiplicatore di Lagrange - ML), motivata dall'endogeneità intrinseca del termine WY. Il ML permette di stimare congiuntamente ρ e β, visibili in Tabella 4 includendo il termine ln | I-ρW | che consente l'identificazione del parametro spaziale.

Tabella 4. Coefficienti delle variabili indipendenti

$\boldsymbol{\rho}$	0,8917
$\boldsymbol{\beta_0}$	0,8504
$\boldsymbol{\beta_1}$	-0,0071
$\boldsymbol{\beta_2}$	0,0019
$\boldsymbol{\beta_3}$	0,0004
$\boldsymbol{\beta_4}$	-0,0054
$\boldsymbol{\beta_5}$	0,0134
$\boldsymbol{\beta_6}$	0,0086
$\boldsymbol{\beta_7}$	-0,0143
$\boldsymbol{\beta_8}$	0,0127
$\boldsymbol{\beta_9}$	0,0074
$\boldsymbol{\beta_{10}}$	0,0139
$\boldsymbol{\beta_{11}}$	0,0001
$\boldsymbol{\beta_{12}}$	0,0334
$\boldsymbol{\beta_{13}}$	0,0031
$\boldsymbol{\beta_{14}}$	-0,0227
$\boldsymbol{\beta_{15}}$	0,0034

La dipendenza spaziale endogena ρ è molto forte, di conseguenza i valori immobiliari nelle sezioni contigue influenzano in misura rilevante il valore in ciascuna sezione.

Stante dunque la forma funzionale unica, valida per il caso studio, si assume l'impiego di un unico vettore di parametri β, ossia un insieme di coefficienti globali costanti nello spazio per l'intero campione di osservazioni. Tale scelta deriva da una considerazione metodologica, ovvero l'analisi è condotta su una microzona urbana (buffer pedonale di 500 m), articolata in un numero relativa-

mente contenuto di sezioni di censimento e caratterizzata, di conseguenza, da un campione ridotto in termini di numerosità e di variabilità informativa. In condizioni di questo tipo, l'introduzione di coefficienti differenziati per sotto-segmenti di mercato (ad esempio per ciascuna zona OMI) rischierebbe di compromettere la stabilità delle stime e la robustezza inferenziale, aumentando la varianza dei parametri e rendendo più fragile la comparabilità tra scenari. Pertanto, coerentemente con l'obiettivo di costruire una funzione di prezzo generalizzata utilizzabile per la simulazione *ex-ante/ex-post,* si ipotizza che l'effetto marginale delle variabili indipendenti sia omogeneo all'interno dell'area di studio. In altri termini, l'aumento di un punto Likert di una determinata variabile di qualità o dotazione è assunto avere lo stesso impatto medio sul valore immobiliare atteso, indipendentemente dalla zona OMI in cui ricade l'osservazione.

4.2 Determinazione dei valori immobiliari nella situazione "ex-post"

Il procedimento adottato per stimare i valori immobiliari derivanti dall'intervento di rilocalizzazione si fonda sull'ipotesi che le relazioni funzionali esplicitate nel modello generalizzato ottenuto per la situazione "*ex – ante*" (Eq. 5) non varino a seguito della realizzazione di ciascun progetto. Ovvero, i fattori che intervengono nei processi di formazione dei prezzi nella situazione "*ex - post*" non mutino rispetto a quelli considerati nella situazione "*ex - ante*".

In virtù di questa ipotesi, è possibile impiegare l'Eq. (5) per la determinazione dei valori immobiliari nella situazione "*ex - post*", introducendo le variazioni di valore delle variabili indipendenti stimate per la realizzazione del suddetto progetto.

4.3 Confronto dei valori stimati nelle situazioni "ex – post 1" ed "ex – post 2"

Nelle Figure di seguito rappresentate viene evidenziata la propagazione degli effetti derivanti dalla realizzazione dell'intervento di rilocalizzazione sui valori immobiliari. Gli *output* delle analisi condotte si prestano ad interessanti considerazioni.

I risultati ottenuti, data la contenuta area di censimento, evidenziano un'influenza significativa sugli immobili posti all'interno.

La Figura 4, riferita allo scenario *ex-post* 1 - ossia alla sola rilocalizzazione della funzione pubblica in assenza di interventi compensativi o migliorativi da parte dell'ente locale - evidenzia una variazione complessivamente peggiorativa dei valori immobiliari stimati nell'intorno di analisi, visibili dalle variabili indipendenti riportate in Tabella A2. In termini interpretativi, tale risultato è riconducibile a un insieme di meccanismi localizzativi che agiscono in modo cumulativo: (i) l'incremento dei flussi di traffico indotti e la conseguente pressione sulla mobilità veicolare e sugli inquinanti; (ii) la riduzione della dotazione funzionale e fruibile di alcune dotazioni pubbliche, con particolare riferimento al verde e alla sosta; (iii) la crescita di fenomeni di congestione nella componente commerciale legata alla somministrazione di cibi e bevande, non accompagnata da un adeguato riequilibrio del sistema di servizi; (iv) la persistenza di una insufficiente *mixité* funzionale all'interno del compendio, che limita la capacità dell'intervento di attivare esternalità positive diffuse e di stabilizzare dinamiche di vitalità urbana.

Sulla base delle stime, la variazione media dei valori immobiliari nell'area risulta pari a circa –12% (Tab. A5), indicando che, nello scenario considerato, l'effetto netto della rilocalizzazione - non sostenuto da politiche di accompagnamento sul contesto - tende a generare un saldo negativo in termini di qualità urbana percepita e prestazionale e, conseguentemente, di capitalizzazione nel mercato immobiliare (Fig. A1). Questo contributo conferma la rilevanza della scelta localizzativa come determinante non solo economico, ma anche ambientale e sociale, poiché la variazione dei valori può essere letta come sintesi monetaria di esternalità eterogenee. Il risultato appare coerente con l'andamento atteso in un impianto scenariale in cui lo scenario ex-*post* 1 isola il solo impatto della rilocalizzazione, mostrando come, in assenza di misure correttive, l'intervento possa produrre effetti localizzativi non desiderabili, soprattutto quando aumenta la pressione sui sistemi di mobilità e riduce l'equilibrio dotazionale e funzionale dell'intorno.

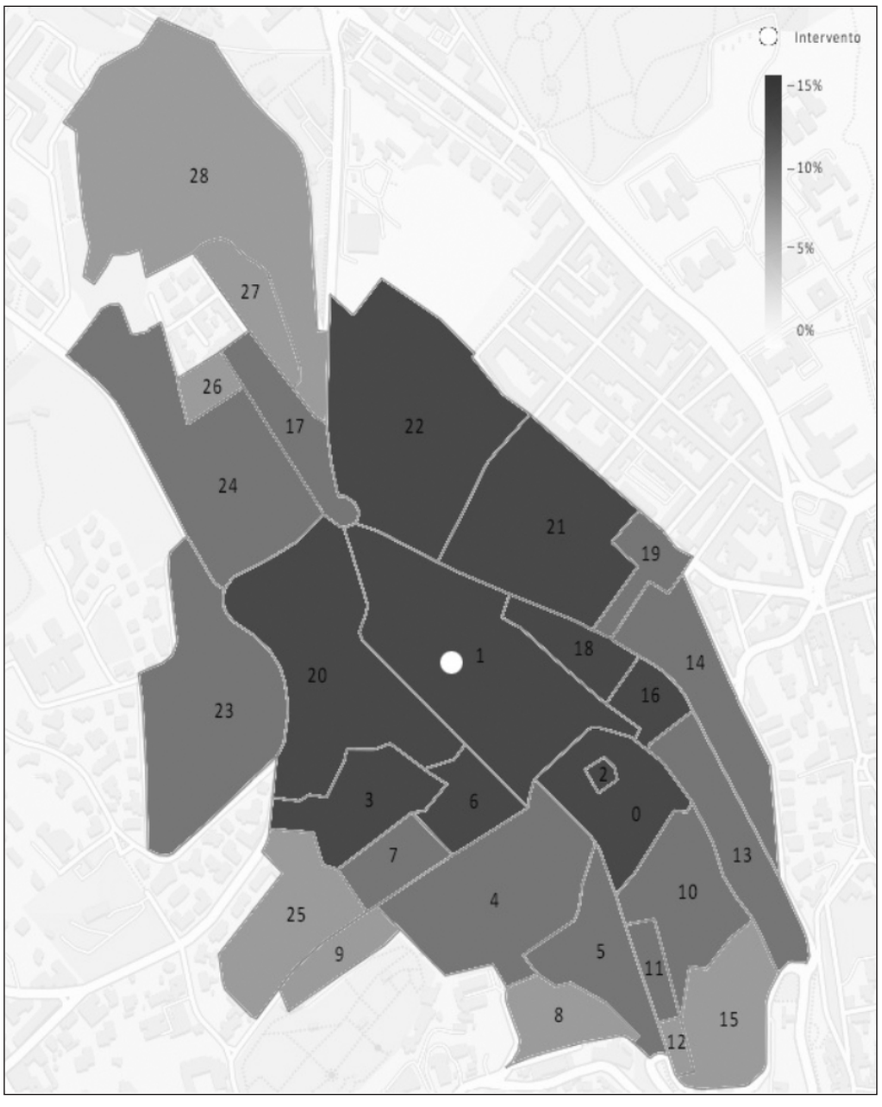


Figura 4. Scenario *ex-post* 1 - rilocalizzazione della funzione pubblica in assenza di interventi compensativi o migliorativi da parte dell'ente locale.

La Figura 5, relativa allo scenario *ex-post* 2, restituisce un quadro interpretativo significativamente diverso rispetto allo scenario precedente, evidenziando una variazione complessivamente migliorativa dei valori immobiliari nell'area di analisi, come riportato dai risultati delle variabili indipendenti visibili in Tabella A3. In questa configurazione, alla rilocalizzazione della funzione pubblica si affianca infatti un *set* di interventi compensativi e di accompagnamento messi in campo dall'ente locale, finalizzati a riequilibrare le pressioni indotte e ad attivare esternalità positive sul contesto urbano limitrofo. Il risultato complessivo suggerisce che la sola scelta localizzativa, se opportunamente supportata da politiche pubbliche mirate, può trasformarsi da fattore potenzialmente critico a leva di rigenerazione urbana, confermato anche dagli effetti indiretti rappresentati nella Figura A2.

Sul piano dei meccanismi, l'incremento dei valori appare associato a un miglioramento della capacità di assorbimento del contesto rispetto ai carichi generati dall'intervento, attraverso azioni che incidono sulla qualità dello spazio e delle dotazioni: (i) misure di gestione e mitigazione dei flussi veicolari, mediante inserimento di zone a traffico limitato e variazioni della circolazione; (ii) potenziamento delle dotazioni pubbliche, in grado di compensare la perdita di prestazioni osservata nello scenario ex-post 1; (iii) incremento della componente commerciale e della diversificazione funzio-

nale, con attenuazione dei fenomeni di saturazione e rafforzamento della *mixité* a scala di compendio e di quartiere; (iv) incremento complessivo della qualità urbana percepita, che agisce come *driver* di attrattività residenziale e di stabilizzazione delle aspettative di mercato. Questo scenario riflette dunque un possibile spostamento della domanda di mercato all'interno dell'area di studio in termini di valori di mercato e di un'amenità a cui invece, allo stato attuale, si contrappone il degrado dell'immobile.

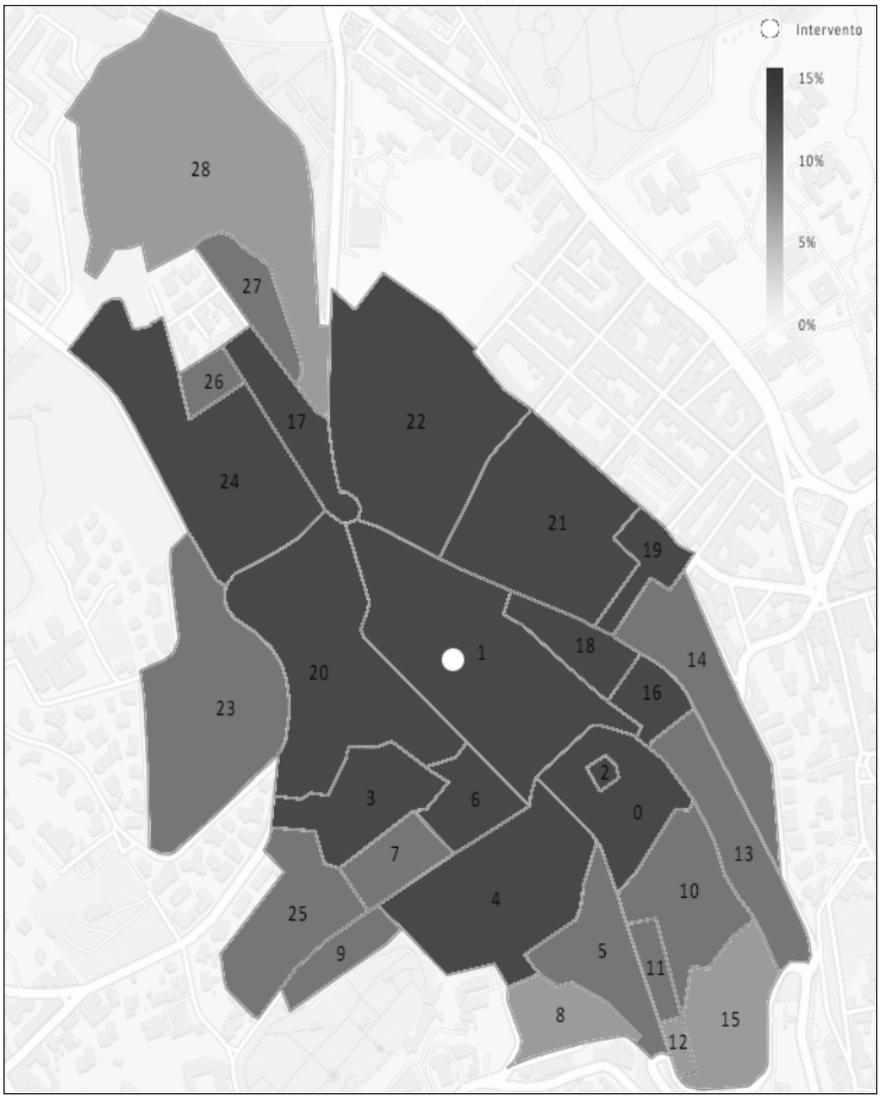


Figura 5. Scenario *ex-post* 2 - rilocalizzazione della funzione pubblica con interventi compensativi o migliorativi da parte dell'ente locale.

5. Conclusioni

Il contributo ha perseguito l'obiettivo di rendere operativa e verificabile l'analisi degli effetti localizzativi connessi ad interventi di rilocalizzazione di funzioni pubbliche in un determinato circoscritto microcontesto territoriale, integrando due piani di valutazione complementari: (i) un modello di *matching* tra Domanda e Offerta di dotazioni/servizi, utile a leggere gli effetti diretti e indiretti in termini prestazionali e distributivi; (ii) un modello econometrico spaziale SAR finalizzato a stimare l'esternalità immobiliare in termini di capitalizzazione, tenendo conto delle interdipendenze spaziali tipiche dei mercati urbani. Questa impostazione si colloca all'interno di un filone di ricerca

ampio e di stringente attualità, in cui la riqualificazione urbana - intesa come insieme di politiche e strumenti orientati al recupero di aree degradate, alla riduzione del consumo di suolo e alla valorizzazione del patrimonio edilizio esistente, pubblico e privato - assume un ruolo sempre più strategico nelle agende di governo del territorio. L'impostazione, in continuità con l'impianto concettuale e procedurale proposto da Di Liddo et al., evidenzia la centralità di un protocollo *ex ante*, articolato in fasi "chiare e ripercorribili", per misurare quantitativamente gli effetti di interventi di trasformazione urbana sui valori immobiliari e per supportare la decisione pubblica e privata.

L'applicazione del modello di *matching* consente di valutare il grado di rispondenza tra due insiemi: da un lato la Domanda, intesa come complesso di esigenze espresse o latenti dagli utenti/abitanti e disaggregata in componenti funzionali; dall'altro l'Offerta, intesa come risorse disponibili (spazi, infrastrutture, servizi e dotazioni) misurate in termini di quantità, qualità, prossimità e accessibilità. L'output principale di tale confronto è la mappatura di: (a) aree di saturazione/*surplus* (offerta eccedente), (b) *gap* prestazionali e sottodotazioni (*deficit* rispetto ai bisogni), (c) zone ad alto rendimento marginale, nelle quali micro-interventi possono generare miglioramenti rilevanti in termini di efficienza ed equità. In tal senso, il *matching* produce un quadro interpretativo, per cui la quantificazione delle ricadute sociali, economiche e ambientali costituisce un supporto essenziale ai processi decisionali di governo del territorio.

Sul piano estimativo, l'impiego del SAR consente di trasformare l'analisi da una relazione "prezzo–attributi" a una relazione "prezzo–attributi–spazio", rendendo la funzione di prezzo coerente con la struttura relazionale del contesto urbano.

Nel caso studio, i risultati diagnostici mostrano un miglioramento significativo del SAR rispetto all'OLS (LR *test*), criteri informativi più favorevoli (AIC/BIC) e assenza di autocorrelazione residua (Moran's I non significativo sui residui strutturali), confermando l'adeguatezza della specificazione spaziale.

Tre aspetti risultano decisivi: (i) la capacità del SAR di catturare le interdipendenze di mercato (i valori non sono indipendenti e l'informazione si diffonde nello spazio), (ii) la possibilità di distinguere tra effetti diretti e *spillover* (coerentemente con la natura territoriale delle esternalità) (Fig. A1 e A2), (iii) la riduzione di *bias* e inefficienze che si osservano in modelli aspaziali quando vi è autocorrelazione spaziale (Anselin, 1988; Elhorst, 2014; LeSage & Pace, 2009). Questo punto è particolarmente importante in un'analisi di microzona, dove gli impatti tendono a manifestarsi per gradienti e propagazioni locali: gli stessi Di Liddo et al. osservano, nei loro casi studio, un'evidenza ricorrente di massima intensità degli effetti nelle aree prossime all'intervento e attenuazione con la distanza.

Il confronto scenariale ha mostrato che l'effetto localizzativo non è un esito "automaticamente positivo" della rilocalizzazione: nello scenario *ex-post* 1 (rilocalizzazione senza interventi di contesto) l'area può sperimentare un saldo negativo, dovuto a *trade-off* tra benefici indotti (utenza, attivazione economica) e costi territoriali (congestione, pressione su dotazioni e servizi). In termini di valutazione, ciò conferma che gli effetti localizzativi sono multidimensionali e possono generare contemporaneamente esternalità di segno opposto. Viceversa, nello scenario *ex-post* 2 (rilocalizzazione + politiche compensative) il quadro migliora e la variazione dei valori immobiliari stimata può essere interpretata come esito di una trasformazione "governata", in cui le misure di accompagnamento riducono le esternalità negative e aumentano la capacità del contesto di assorbire i carichi.

Dal punto di vista dell'estimo e della valutazione dei progetti, il *framework* proposto evidenzia due implicazioni centrali. Primo, la valutazione non dovrebbe limitarsi a stimare un differenziale di prezzo, ma deve chiarire quali componenti di qualità urbana spiegano l'incremento o il decremento atteso, rendendo leggibile il nesso tra progetto e mercato. Secondo, il modello costituisce uno strumento di *decision support;* consentendo di confrontare alternative, impostare priorità e motivare *ex ante* la necessità di interventi compensativi. In questa direzione, i protocolli di valutazione di questo tipo possono affiancare le verifiche di fattibilità finanziaria ed economica correntemente adottate e supportare sia le amministrazioni sia gli investitori (anche in ottica di Partenariato Pubblico Privato - PPP), includendo ricadute fiscali potenziali connesse alla crescita dei valori immobiliari.

Come in ogni protocollo di valutazione, esistono assunzioni che devono essere dichiarate con trasparenza. In primo luogo, l'ipotesi di stabilità della struttura di mercato (parametri invariati tra *ante* e *post*) è un'ipotesi forte ma necessaria per applicare la funzione stimata nella fase *post*-inter-

vento. In secondo luogo, le prestazioni descrittive e predittive dipendono in modo significativo dalla dimensione e qualità del database. In terzo luogo, l'uso di variabili Likert attribuite da esperti, richiede attenzione alla replicabilità (composizione del panel, analisi di sensibilità). Infine, si evitano regimi o segmentazioni per zona OMI che, a parità di dati, aumenterebbero la varianza stimatoria e ridurrebbero la robustezza inferenziale. Coerentemente, i risultati vengono interpretati come supporto quantitativo alla simulazione *ex-ante/ex-post* in un contesto circoscritto, più che come stima generalizzabile a scala urbana.

In ottica di sviluppi futuri, due traiettorie appaiono prioritarie. La prima riguarda il monitoraggio temporale: stimare "dopo quanto tempo" gli effetti previsti si manifestano effettivamente nei prezzi (e con quale persistenza), costruendo una componente *ex post* basata su osservazioni ripetute e su dati di mercato più granulari. La seconda riguarda la trasferibilità e la validazione esterna: testare la metodologia su città di dimensioni differenti (piccoli centri, città medie, capoluoghi regionali), verificando come cambiano sia i parametri spaziali sia la sensibilità delle variabili di qualità urbana. Un ulteriore sviluppo consiste nell'analizzare effetti sinergici tra interventi e tra segmenti/zone di mercato, così da valutare in che misura i cambiamenti in una porzione di città influenzino anche ambiti limitrofi e, in prospettiva, contribuiscano a ridefinire perimetri e gerarchie dei *sub*-mercati urbani.

In conclusione, l'integrazione tra matching domanda–offerta e SAR costituisce un impianto valutativo innovativo capace di connettere prestazioni urbane, esternalità e valori immobiliari in un quadro unitario, utile sia per la comprensione scientifica degli effetti localizzativi degli immobili pubblici sia per l'orientamento delle decisioni di pianificazione e investimento.

Riconoscimenti

Il presente articolo è il risultato di un'attività di ricerca condotta nell'ambito di un progetto di collaborazione tecnico scientifica tra l'Università di Pisa e l'Agenzia del Demanio. Gli autori ringraziano i funzionari dell'Agenzia del Demanio – Struttura per la Progettazione di Roma, per i dati forniti, impiegati per le analisi elaborate e illustrate nel presente lavoro.

Contributo degli autori

Introduzione, Il caso studio, Risultati e Conclusioni: L.C.; Metodologia: L.C. A.F. S.R. D.M. M.R.; Revisione e editing: L.C. M.R. S.R.

Bibliografia

Abdul Wahab S. M., Mokhtar E. S. & Aliasak M. H. H. (2022). Spatial econometrics and spatial hedonic model in property valuation: A bibliometric analysis. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space*, 18(4), 35–52. https://doi.org/10.17576/geo-2022-1804-03

Agnoletti C. & Bocci C. (2014). Gli effetti economici e distributivi degli interventi di riqualificazione urbana. Contributo presentato al *XVII Congresso nazionale dell'Associazione Italiana di Valutazione*, Napoli, 10–11 aprile 2014.

Alonso W. (1964). *Location and land use: Toward a general theory of land rent*. Harvard University Press.

Alonso W. (1967). A reformulation of classical location theory and its relation to rent theory. *Papers of the Regional Science Association, 19*, 11–31. https://doi.org/10.1007/BF01944043

Anselin L. (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. Kluwer Academic Publishers.

Anselin L. & Lozano-Gracia N. (2008). Errors in variables and spatial effects in hedonic house price models of ambient air quality. *Empirical Economics, 34(1)*, 5–34. https://doi.org/10.1007/s00181-007-0152-3

Anselin L. & Lozano-Gracia N. (2009). Spatial hedonic models. In T.C. Mills & K. Patterson (Eds.), *Palgrave handbook of econometrics: Volume 2: Applied econometrics* (pp. 1213–1250). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/9780230244405_26

Anselin L., Lozano-Gracia N., Deichmann U. & Lall S.V. (2008). *Valuing access to water: A spatial hedonic approach applied to Indian cities* (Policy Research Working Paper No. 4533). World Bank. https://doi.org/10.1596/1813-9450-4533

Anselin L., Lozano-Gracia N., Deichmann U. & Lall S.V. (2010). Valuing access to water—A spatial hedonic approach, with an application to Bangalore, India. *Spatial Economic Analysis, 5*(2), 161–179. https://doi.org/10.1080/17421771003730703

Baumol W.J. & Oates W.E. (1988). *The theory of environmental policy* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Bockarjova M., Botzen W.J.W. & van Schie M.H. (2020). Property price effects of green interventions in cities: A meta-analysis and implications for gentrification. *Environmental Science & Policy*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901119310457

Bottero M., Bravi M., Mondini G. & Talarico A. (2017). Buildings energy performance and real estate market value: An application of the spatial autoregressive (SAR) model. in S. Stanghellini P. Morano, M. Bottero & A. Oppio (Eds.), *Appraisal: From theory to practice* (pp. 221–230). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49676-4_16

Braden J.B., Feng X. & Won D.H. (2011). Waste sites and property values: A meta-analysis. *Environmental and Resource Economics*. https://doi.org/10.1007/s10640-011-9467-9

Brander L.M. & Koetse M.J. (2011). The value of urban open space: Meta-analyses of contingent valuation and hedonic pricing results. *Journal of Environmental Management*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479711002167

Brueckner J.K. (2011). *Lectures on urban economics*. MIT Press.

Chay K.Y. & Greenstone M. (2005). Does air quality matter? Evidence from the housing market. *Journal of Political Economy, 113*(2), 376–424. https://doi.org/10.1086/427462

City of Melbourne. (2023). *Urban forest strategy: Making a cooler, greener city*. https://www.melbourne.vic.gov.au/urbanforest

Cliff A.D. & Ord J.K. (1981). *Spatial processes: Models & applications*. Pion.

Crudu L. & Racul A. (2024). The hedonic prices concept of agricultural land in the Edinet District by using a spatial autoregressive model for the sustainable rural development evaluation. In *Proceedings of the International Scientific Conference "Development Through Research and Innovation"* IDSC-2024 (pp. 68–84). SEP ASEM. https://doi.org/10.53486/dri2024.08.

Debrezion G., Pels E. & Rietveld P. (2007). The impact of railway stations on residential and commercial property value: A meta-analysis. *The Journal of Real Estate Finance and Economics, 35*, 161–180. https://doi.org/10.1007/s11146-007-9032-z.

Della Spina L. (2021). Cultural heritage: A hybrid framework for ranking adaptive reuse strategies. *Buildings, 11*(3), Article 132. https://doi.org/10.3390/buildings11030132.

Di Liddo F., Morano P., Tajani F. & Torre C.M. (2020). An innovative methodological approach for the analysis of the effects of urban interventions on property prices. *Valori e Valutazioni, 26*, 25–46.

Dragoni N., Giallorenzo S., Lafuente A.L., Mazzara M., Montesi F., Mustafin R. & Safina L. (2017). Microservices: Yesterday, today, and tomorrow. In M. Mazzara & B. Meyer (Eds.), *Present and ulterior software engineering* (pp. 195–216). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4_12.

Elhorst J.P. (2014). *Spatial econometrics: From cross-sectional data to spatial panels* (pp. 95-119). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40340-8.

Ellis G., Hunter R.F., Tully M.A., Donnelly M., Kelleher L. & Kee F. (2016). Connectivity and physical activity: Using footpath networks to measure the walkability of built environments. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *43*(1), 130–151. https://doi.org/10.1177/0265813515610672

European Parliament & Council of the European Union. (2020). Regulation (EU) 2020/852 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment. *Official Journal of the European Union, L 198*, 13–43. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/852/oj.

Fotheringham A.S., Brunsdon C. & Charlton M. (2002). *Geographically weighted regression: The analysis of spatially varying relationships*. Wiley.

Fujita M. (1989). *Urban economic theory: Land use and city size*. Cambridge University Press.

Goffman E. (1961). *Asylums: Essays on the social situation of mental patients and other inmates*.

Anchor Books.

Gaglione F., Gargiulo C., Zucaro F. & Cottrill C. (2022). Urban accessibility in a 15-minute city: A measure in the city of Naples, Italy. *Transportation Research Procedia*, 60, 378–385. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.12.049

Huderek-Glapska S. & Trojanek R. (2013). The impact of aircraft noise on house prices. *International Journal of Academic Research*, 5(3), 397–408. https://doi.org/10.7813/2075-4124.2013/5-3/B.60

Heyman A.V., Law S. & Berghauser Pont M. (2018). How is location measured in housing valuation? A systematic review of accessibility specifications in hedonic price models. *Urban Science, 3*(1), Article 3. https://www.mdpi.com/2413-8851/3/1/3.

Ibeas A., Cordera R., dell'Olio L., Coppola P. & Dominguez A. (2012). Modelling transport and real-estate values interactions in urban systems. *Journal of Transport Geography, 24*, 370–382. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.04.012.

Kaganova O. & Amoils J.M. (2020). Central government property asset management: A review of international changes. *Journal of Corporate Real Estate, 22*(3), 239–267. https://www.emerald.com/jcre/article/22/3/239/194936

Kaganova O. & Nayyar-Stone R. (2000). Municipal real property asset management: An overview of world experience, trends and financial implications. *Journal of Real Estate Portfolio Management, 6*(4), 307–326. https://doi.org/10.1080/10835547.2000.12089624

Kiel K.A. (1995). Measuring the impact of the discovery and cleaning of identified hazardous waste sites on house values. *Land Economics, 71*(4), 428–435. https://doi.org/10.2307/3146708

Krause A.L. & Bitter C. (2012). Spatial econometrics, land values and sustainability: Trends in real estate valuation research. *Cities, 29*(Suppl. 2), S19–S25. https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.06.006.

LeSage J. & Pace R.K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420064254

Likert R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. In R. S. Woodworth (Ed.), *Archives of Psychology* (Vol. 22, No. 140, pp. 5–55). The Science Press.

Moran P.A.P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika, 37*(1–2), 17–23. https://doi.org/10.2307/2332142

Nguyen M. & Adams, T. (2021). Using explainable AI to understand urban greenery effects on housing affordability. *Computers, Environment and Urban Systems, 90*, Article 101706. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101706

Ostrom E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.

Phelps A. (2010). Rationale, practice and outcomes in municipal property asset management. *Journal of Corporate Real Estate, 12*(3), 157–174. https://www.emerald.com/jcre/article/12/3/157/189343

Rinaldi L. & Thompson G. (2023). Machine learning per l'analisi spaziale della qualità urbana: Una prospettiva applicata a Melbourne. In M. Rossi & J. Smith (Eds.), *Strumenti avanzati per la valutazione urbana sostenibile: Approcci empirici e modelli predittivi* (pp. 101–120). FrancoAngeli.

Rosen S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy, 82*(1), 34–55. https://doi.org/10.1086/260169

Sirmans G.S., Macpherson D.A. & Zietz E.N. (2005). The composition of hedonic pricing models. *Journal of Real Estate Literature, 13*(1), 1–44. https://meridian.allenpress.com/jrel/article-pdf/13/1/1/1958681/reli_13_1_j03673877172w0w2.pdf

Smeets E. & Weterings R. (1999). *Environmental indicators: Typology and overview* (Technical Report No. 25). European Environment Agency.

Tiebout C.M. (1956). A pure theory of local expenditures. *Journal of Political Economy, 64*(5), 416–424. https://doi.org/10.1086/257839

Toloza-Delgado J.D., Melo O.O. & Cruz N.A. (2024). Joint spatial modeling of mean and non-homogeneous variance combining semiparametric SAR and GAMLSS models for hedonic prices. *Spatial Statistics, 63*, Article 100864. https://doi.org/10.1016/j.spasta.2024.100864

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (A/RES/70/1). https://undocs.org/A/RES/70/1

Venezia V. (2013). Le strutture organizzative aziendali. *EDUCatt Università Cattolica*.

Vermiglio C. (2011). Public property management in Italian municipalities: Framework, current issues and viable solutions. *Property Management, 29*(5), 423–442. https://www.emerald.com/pm/article/29/5/423/316890

White A.D. (2011). A review of UK public sector real estate asset management. *Journal of Corporate Real Estate, 13*(1). https://www.emerald.com/jcre/article-abstract/13/1/6/219508

Zhang H. & Wilson D. (2023). Spatial modelling of park accessibility and its influence on property values: A comparative study using random forest and OLS. *Applied Spatial Analysis and Policy, 16*(1), 55–77. https://doi.org/10.1007/s12061-023-09456-w

Appendice

Tabella A1. Variabili indipendenti scenario *ex-ante*

Scenario *ex-ante*																
Id sezione	OMI mid	O	U	MD	CR	FL	T	V	S	I	AI	QA	DC	DD	EA	EAT
0	2000	4	1	2	5	4	1	5	5	1	1	5	1	1	1	4
1	2000	4	3	3	5	4	2	5	5	1	1	1	1	1	2	5
2	2000	4	1	1	1	1	3	1	1	1	3	5	1	1	3	5
3	2000	1	3	4	4	3	2	5	2	1	1	5	1	5	2	5
4	2150	2	2	2	4	3	1	5	5	1	1	5	1	5	1	5
5	2150	4	1	2	4	3	1	5	4	1	1	5	3	1	1	4
6	2150	4	3	3	5	4	1	3	1	1	3	3	1	1	1	4
7	2150	3	3	3	1	1	1	1	1	1	4	3	1	1	1	5
8	2150	3	3	3	1	1	3	1	2	1	1	5	1	1	2	5
9	2150	4	3	3	2	2	3	1	1	1	1	5	1	4	2	5
10	2150	4	1	5	1	1	1	1	4	1	1	5	1	1	1	2
11	2150	4	3	5	4	3	1	1	2	1	1	5	1	1	1	1
12	2150	4	3	3	1	1	1	1	1	1	3	5	1	1	1	1
13	2000	1	3	2	1	1	2	5	2	1	1	3	1	1	1	3
14	2000	4	1	2	4	2	2	1	3	1	1	5	1	1	1	4
15	2150	1	5	2	1	1	2	3	2	1	4	5	1	5	1	4
16	2000	2	2	2	2	2	3	5	2	1	5	3	1	1	2	5
17	2000	3	1	1	3	2	3	1	1	1	1	3	3	1	2	1
18	2000	3	1	1	3	2	3	1	4	1	1	1	1	1	2	5
19	2000	4	1	1	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1	2	5
20	2000	4	1	5	5	5	1	3	4	1	1	5	1	1	1	1
21	2000	4	5	4	2	2	3	1	2	4	1	3	1	1	2	5
22	1800	4	5	4	3	3	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3
23	2000	4	1	3	5	5	3	1	1	1	1	5	1	1	2	4
24	2000	3	5	3	5	5	2	1	1	1	1	3	1	1	2	2
25	2150	2	5	2	2	3	1	3	2	1	1	3	1	3	1	4
26	2000	3	1	3	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1	2	4
27	1800	4	1	3	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	2	4
28	1800	4	1	2	3	2	1	1	2	1	1	3	1	1	1	2

Appendice

Tabella A2. Variabili indipendenti scenario *ex-post* 1

Scenario *ex-post* 1																
Id sezione	OMI mid	O	U	MD	CR	FL	T	V	S	I	AI	QA	DC	DD	EA	EAT
0	2000	4	1	2	5	4	1	5	3	1	1	5	1	1	1	3
1	2000	5	5	3	2	4	1	3	3	1	1	4	1	4	1	2
2	2000	4	1	1	1	1	2	1	1	1	3	5	1	1	2	3
3	2000	1	3	4	4	3	1	5	1	1	1	5	1	5	1	3
4	2150	2	2	2	4	3	1	5	3	1	1	5	1	5	1	4
5	2150	4	1	2	4	3	1	5	2	1	1	5	3	1	1	3
6	2150	4	3	3	5	4	1	3	1	1	3	3	1	1	1	2
7	2150	3	3	3	1	1	1	1	1	1	4	3	1	1	1	4
8	2150	3	3	3	1	1	2	1	1	1	1	5	1	1	1	3
9	2150	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	5	1	4	1	4
10	2150	4	1	5	1	1	1	1	3	1	1	5	1	1	1	1
11	2150	4	3	5	4	3	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1
12	2150	4	3	3	1	1	1	1	1	1	3	5	1	1	1	1
13	2000	1	3	2	1	1	1	5	2	1	1	3	1	1	1	2
14	2000	4	1	2	4	2	1	1	3	1	1	5	1	1	1	4
15	2150	1	5	2	1	1	1	3	2	1	4	5	1	5	1	4
16	2000	2	2	2	2	2	2	5	2	1	5	3	1	1	2	5
17	2000	3	1	1	3	2	1	1	1	1	1	3	3	1	2	1
18	2000	3	1	1	3	2	2	1	4	1	1	1	1	1	2	5
19	2000	4	1	1	1	1	2	1	2	1	1	3	1	1	2	5
20	2000	4	1	5	5	5	1	3	4	1	1	5	1	1	1	1
21	2000	4	5	4	2	2	2	1	2	4	1	3	1	1	2	5
22	1800	4	5	4	3	3	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3
23	2000	4	1	3	5	5	2	1	1	1	1	5	1	1	2	4
24	2000	3	5	3	5	5	1	1	1	1	1	3	1	1	2	2
25	2150	2	5	2	2	3	1	3	2	1	1	3	1	3	1	4
26	2000	3	1	3	1	1	2	1	2	1	1	3	1	1	2	4
27	1800	4	1	3	1	1	2	1	1	1	1	3	1	1	2	4
28	1800	4	1	2	3	2	1	1	2	1	1	3	1	1	1	2

Appendice

Tabella A3. Variabili indipendenti scenario *ex-post* 2

Scenario *ex-post* 2																
Id sezione	OMI mid	O	U	MD	CR	FL	T	V	S	I	AI	QA	DC	DD	EA	EAT
0	2000	4	4	4	5	5	4	5	4	1	1	5	4	1	4	4
1	2000	5	5	3	5	5	4	5	5	1	1	5	4	5	5	5
2	2000	5	3	3	4	4	4	2	1	1	3	5	4	1	4	4
3	2000	1	3	4	4	3	3	5	1	1	1	5	1	5	1	3
4	2150	3	3	3	4	4	2	5	3	1	1	5	4	5	4	5
5	2150	4	1	2	4	3	2	5	2	1	1	5	3	1	3	4
6	2150	5	4	3	5	5	2	4	1	1	3	3	4	1	4	3
7	2150	3	3	3	2	1	2	1	1	1	4	3	1	1	2	4
8	2150	3	3	3	2	1	4	1	1	1	1	5	1	1	2	3
9	2150	4	3	3	2	2	4	1	1	1	1	5	1	4	2	4
10	2150	4	1	5	1	1	2	1	3	1	1	5	1	1	2	1
11	2150	4	3	5	4	3	2	1	1	1	1	5	1	1	2	1
12	2150	4	3	3	1	3	2	1	1	1	3	5	1	1	2	1
13	2000	1	3	2	1	1	3	5	2	1	1	3	1	1	2	2
14	2000	4	1	2	4	2	3	1	3	1	1	5	1	1	2	4
15	2150	1	5	2	1	1	3	3	2	1	4	5	1	5	1	4
16	2000	2	2	2	2	2	4	5	2	1	5	3	1	1	2	5
17	2000	4	1	1	4	2	4	1	1	1	1	3	3	1	2	1
18	2000	3	1	1	3	2	4	1	4	1	1	1	1	1	2	5
19	2000	4	1	1	1	1	4	1	2	1	1	3	1	1	2	5
20	2000	5	3	5	5	5	2	4	4	1	1	5	4	1	1	1
21	2000	4	5	4	2	2	4	1	2	4	1	3	1	1	3	5
22	1800	4	5	4	3	3	2	2	1	1	1	3	1	1	1	3
23	2000	4	1	3	5	5	4	1	1	1	1	5	1	1	2	4
24	2000	3	5	3	5	5	3	1	1	1	1	3	1	1	3	2
25	2150	2	5	2	2	3	2	3	2	1	1	3	1	3	1	4
26	2000	3	1	3	1	1	4	1	2	1	1	3	1	1	3	4
27	1800	4	1	3	1	1	4	1	1	1	1	3	1	1	2	4
28	1800	4	1	2	3	2	2	1	2	1	1	3	1	1	1	2

Appendice

Tabella A4. Valori soglia scala Likert

Indicatori	Valutazione	Scala Likert
Mobilità Dolce (MD)	Marciapiedi adeguati e piste ciclabili in sede protetta	5 (Decisamente positiva)
	Assenza di marciapiedi e piste ciclabili	1 (Decisamente negativa)
Trasporto Pubblico Locale Frequenza (F)	Frequenza >12 servizi/ora	5 (Decisamente positiva)
	Assenza di servizio	1 (Decisamente negativa)
Trasporto Pubblico Locale Capacità (CR)	N° passeggeri < N° posti a sedere	5 (Decisamente positiva)
	N° passeggeri > capacità e > 1.5 x capacità	1 (Decisamente negativa)
Trasporto Privato (TP)	Flusso/capacità (80esimo percentile) < 60%	5 (Decisamente positiva)
	Flusso/capacità (80esimo percentile) > 120%	1 (Decisamente negativa)
Dotazioni pubbliche (V, S, I, AI)	Dotazioni pubbliche > 150% dello standard	5 (Decisamente positiva)
	Dotazioni pubbliche < 40% dello standard	1 (Decisamente negativa)
Dotazioni commerciali (DC)	Potenziale commerciale elevato - Domanda > 20%	5 (Decisamente positiva)
	Potenziale commerciale assente	1 (Decisamente negativa)
Dotazioni Dimensionali (DD)	Superficie fruibile alla cittadinanza > 20%	5 (Decisamente positiva)
	Superficie fruibile alla cittadinanza assente	1 (Decisamente negativa)
Emissioni ambientali (EAT)	Concentrazione di inquinante inferiore al 20% della soglia di valutazione limite inferiore	5 (Decisamente positiva)
	Concentrazione di inquinante superiore al 50% oltre il valore limite	1 (Decisamente negativa)
Emissioni acustiche (EA)	Emissioni acustiche inferiori a 10 dB di meno dei valori limite di emissione	5 (Decisamente positiva)
	Emissioni acustiche superiori a 10 dB di più dei valori limite di emissione	1 (Decisamente negativa)
Occupazione (O)	Livello di occupazione > 20%	5 (Decisamente positiva)
	Livello di occupazione assente	1 (Decisamente negativa)
Utenza (U)	Livello di utenza > 20%	5 (Decisamente positiva)
	Livello di utenza assente	1 (Decisamente negativa)
Qualità architettonica (QA)	Immobili in ottimo stato conservativo	5 (Decisamente positiva)
	Immobili in pessimo stato conservativo	1 (Decisamente negativa)

Appendice

Tabella A5. Risultati variazioni valori immobiliari scenario *ex-post* 1

Scenario *ex-post* 1	
Id sezione	Variazione percentuale
0	-15%
1	-15%
2	-15%
3	-11%
4	-10%
5	-9%
6	-12%
7	-7%
8	-4%
9	-5%
10	-10%
11	-9%
12	-5%
13	-10%
14	-10%
15	-4%
16	-14%
17	-10%
18	-13%
19	-9%
20	-14%
21	-11%
22	-11%
23	-8%
24	-9%
25	-4%
26	-5%
27	-5%
28	-4%

Appendice

Tabella A6. Risultati variazioni valori immobiliari scenario *ex-post* 2

Scenario *ex-post* 2	
Id sezione	Variazione percentuale
0	15%
1	15%
2	15%
3	12%
4	14%
5	9%
6	15%
7	9%
8	5%
9	7%
10	9%
11	6%
12	5%
13	10%
14	11%
15	5%
16	11%
17	14%
18	13%
19	11%
20	15%
21	11%
22	12%
23	10%
24	12%
25	6%
26	7%
27	7%
28	5%

Appendice

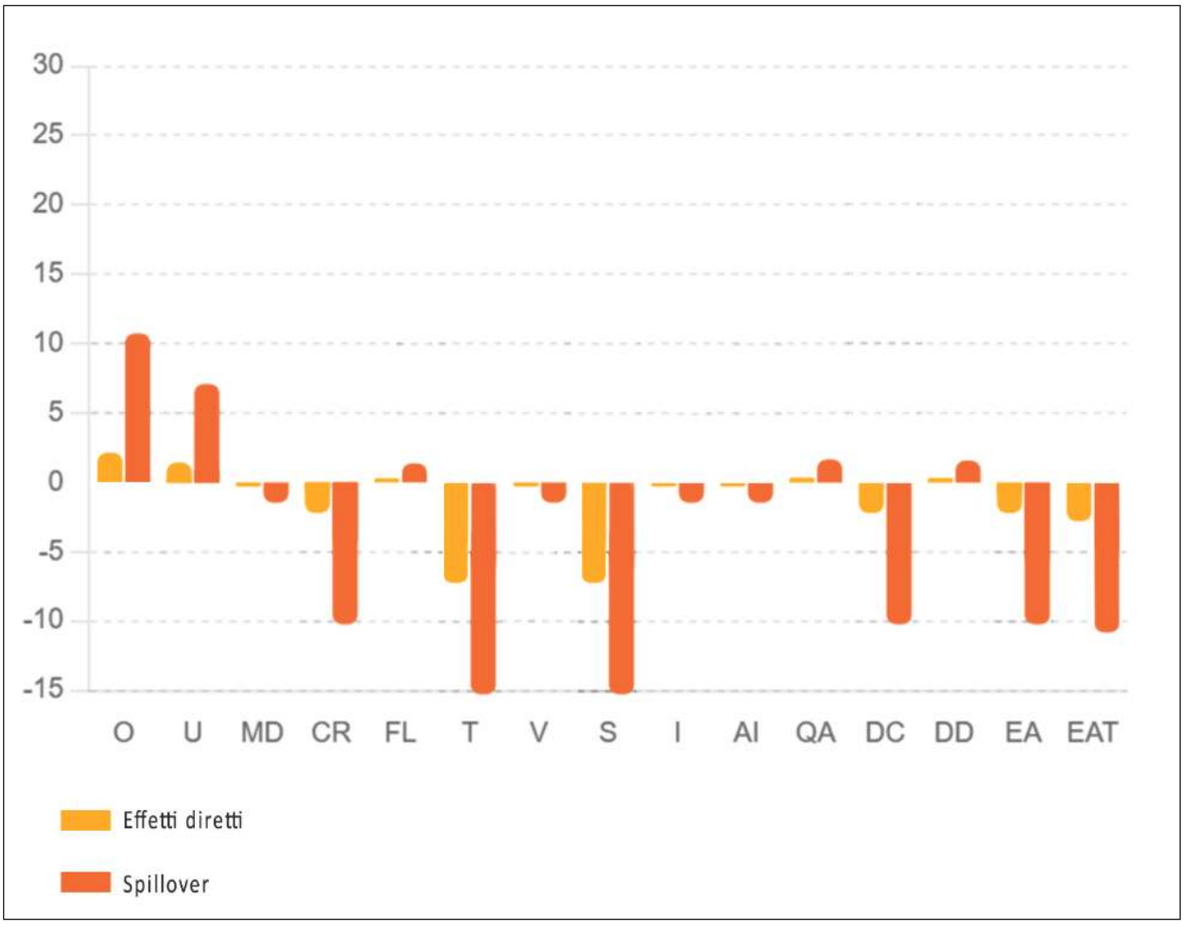


Figura A1. *Spillover* scenario *ex-post* 1.

Appendice

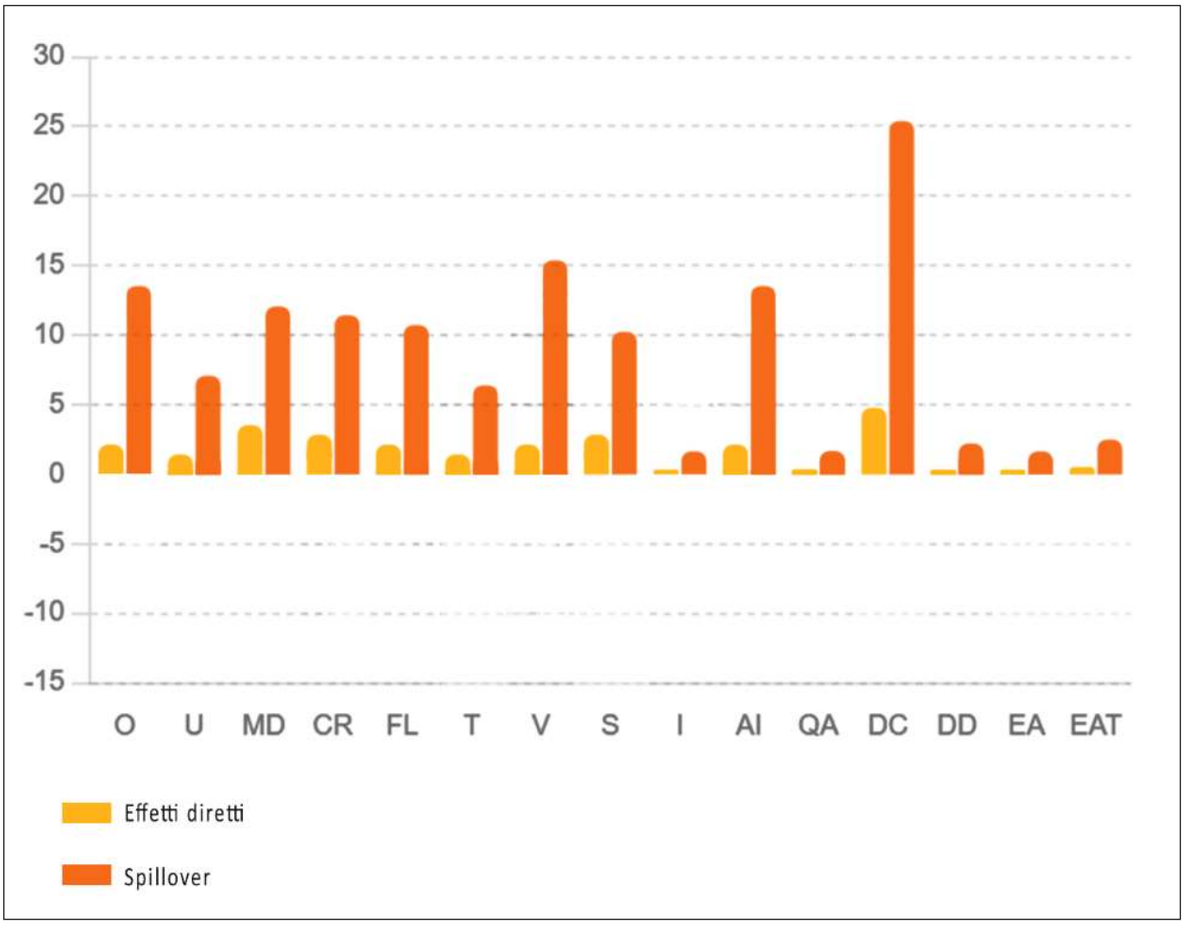


Figura A2. *Spillover* scenario *ex-post* 2.