Una zonizzazione per la tipologia immobiliare relativa ai Negozi. Un approccio derivante dalla teoria delle reti

Erika Ghiraldo e Giovanni Cantone***

1 Introduzione

In questo articolo è presentata una metodologia utile per individuare una ripartizione territoriale dedicata al settore commerciale e in particolare ai negozi, intendendo per questi essenzialmente i negozi di prossimità quali supermercati, edicole, tabacchi, ecc.
Attualmente nell'ambito dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare è definita una ripartizione del territorio in zone omogenee, le zone OMI. La zona OMI[1] rappresenta una porzione continua del territorio comunale che riflette un comparto omogeneo del mercato immobiliare locale, nel quale si registra uniformità di apprezzamento per condizioni economiche e socio-ambientali[2]. Tale uniformità viene tradotta in omogeneità nei caratteri posizionali, urbanistici, storico-ambientali, socio-economici degli insediamenti, nonché nella dotazione dei servizi e delle infrastrutture urbane. La delimitazione territoriale della zona OMI dipende quindi dalla destinazione prevalente dello *stock* immobiliare esistente e la destinazione d'uso prevalente è quasi sempre quella residenziale; nei casi residui in cui non lo fosse, il riferimento è alla tipologia prevalente.
È noto che per il comparto commerciale e in particolare per la tipologia negozi, che qui si intende analizzare, l'ubicazione rileva in relazione al posizionamento in una particolare via o strada e alla minore o maggiore prossimità con altri servizi presenti nella stessa via.
La delimitazione odierna delle zone OMI, ancorata al comparto residenziale, rappresenta dunque un limite all'analisi del comparto commerciale. Scopo del presente lavoro è quello di evidenziare i limiti della situazione attuale e le possibili soluzioni.
La ricerca di nuovi criteri relativi alla zonizzazione della tipologia negozi è stata avviata a partire da una riflessione circa i valori posizionali delle singole unità immobiliari urbane (uiu) e la loro reciproca relazione sotto l'aspetto posizionale, utilizzando concetti e metodologie derivanti dalla teoria delle reti, parte della teoria dei grafi, disciplina che si occupa dello studio dei grafi, oggetti discreti che permettono di schematizzare una grande varietà di situazioni e processi, e spesso di consentirne delle analisi in termini quantitativi e algoritmici[3].
Nel caso di studio che si presenta, si è svolta una simulazione considerando come nodi di un grafo i negozi, le loro relazioni definite in primo luogo rispetto alla distanza reciproca e in secondo luogo rispetto al centro cittadino, utilizzando per il calcolo la distanza euclidea espressa in metri. In questo modo è stato verificato il grado di connessione della rete, la distanza tra i nodi e la presenza di *cluster* naturali o comunità. Inoltre, la verifica dei collegamenti consente di individuare i nodi più importanti all'interno della rete distinguendoli da quelli più periferici.
Oltre agli attributi di posizione associati ad ogni singolo nodo-negozio, utili ad individuare dei *cluster* naturali ricavabili dal posizionamento sulla mappa, sono stati utilizzati anche altri attributi, quali la classe censuaria, la rendita al metro quadro e la superficie in metri quadri. Su questa base dati sono stati quindi effettuati diversi tentativi di ricerca dei *cluster* utilizzando e ottimizzando l'algoritmo *K-means*[4].
L'esercizio, applicato alla città di Como, ha condotto ad una ipotesi di zonizzazione relativa alla tipologia negozi.

* E. Ghiraldo, Capo Ufficio gestione Osservatorio delle quotazioni del mercato immobiliare
** G. Cantone Funzionario presso l'Ufficio gestione Osservatorio delle quotazioni del mercato immobiliare

[1] Agenzia delle Entrate - Osservatorio del Mercato Immobiliare. *Manuale della Banca Dati Quotazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare*, 2017.
[2] Come definito nel citato manuale (nota 1).
[3] Carlson, S. C. (2020, November 24). *Graph theory*. Encyclopedia Britannica. https://www.britannica.com/topic/graph-theory.
[4] Algoritmo di analisi dei gruppi partizionale che permette di suddividere un insieme di oggetti in k gruppi sulla base dei loro attributi.

L'approccio è certamente sperimentale e naturalmente perfezionabile. Oltre ad essere testato ulteriormente su altri comuni di dimensione diversa potrebbe essere arricchito con ulteriori informazioni di tipo economico relative ad ogni singolo nodo negozio, tra le quali sarebbero di sicuro ausilio il codice ATECO dell'attività commerciale ed una verifica preliminare dell'effettivo svolgimento di un'attività (negozio aperto o chiuso).
Si ritiene, tuttavia, che lo studio possa condurre ad una importante innovazione che può concretizzarsi in un progetto di più ampia portata per dare luogo ad uno nuovo *layer* di delimitazioni territoriali a supporto della rilevazione dei valori di mercato della tipologia commerciale.
Oltre questo primo paragrafo introduttivo, seguono tre paragrafi. Il paragrafo due è dedicato ad un breve richiamo della teoria cui si vuole far riferimento, mentre nel terzo si descrive nel dettaglio il percorso applicativo. Infine, brevi conclusioni e qualche possibile sviluppo futuro sono discusse nell'ultimo paragrafo.

2 Metodologia

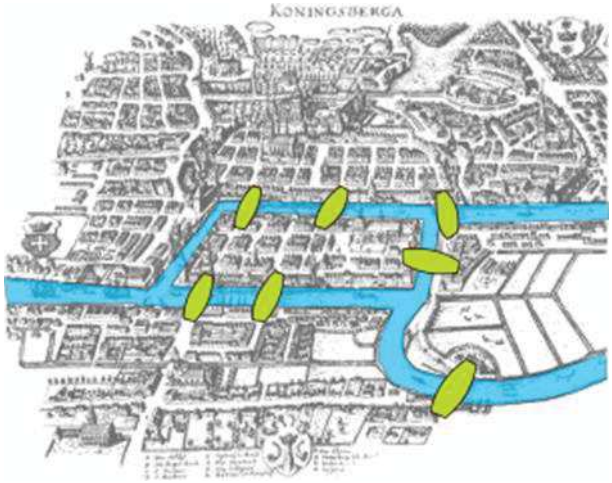
Come riportato nel saggio di Albert-László Barabási[5], sistemi che apparentemente non hanno nulla in comune, risultano connessi con innumerevoli altri pezzi di un complesso *puzzle* universale, si causano l'un l'altro e interagiscono fra loro. Condividono infatti lo stesso tipo di architettura nella struttura delle interazioni: una sorta di "scheletro" che specifica quali parti di ciascun sistema interagiscono tra loro. Questo scheletro è un oggetto astratto che può essere rappresentato come un grafo i cui nodi, che si rifanno alle componenti individuali del sistema, sono collegati da relazioni, che sintetizzano l'influenza reciproca[6].
In questo articolo si è proceduto, per analogia, alla ricerca di nuovi criteri utili alla zonizzazione del territorio per la tipologia Negozi quotata nella Banca dati dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare. L'analisi è partita da una riflessione circa il posizionamento di ogni singola unità immobiliare e la sua relazione con le altre unità, sempre sotto l'aspetto posizionale. Nei due paragrafi che seguono si riporta un richiamo alla teoria delle reti e a seguire la descrizione del percorso metodologico adattato agli obiettivi che si intendono perseguire in questo studio.

2.1 Richiamo alla teoria delle reti

La teoria delle reti è un'evoluzione della teoria dei grafi, la cui origine viene fatta risalire alla nota pubblicazione di Eulero del 1736 sui "Sette ponti di Königsberg"[7]. La città di Königsberg, non molto lontana da San Pietroburgo, è un centro abitato attraversato dal fiume Pregel e da suoi affluenti che formano due isole (Figura 1). La città ne risulta così divisa in quattro parti, collegate tra loro da sette ponti; tra gli abitanti era sorto un rompicapo matematico che riguardava la possibilità di compiere una passeggiata lungo i sette ponti senza mai attraversar lo stesso due volte. L'indovinello restò insoluto fino a che, nel 1736, non destò l'attenzione di Eulero[8]. Egli non soltanto risolse il problema, ma con il suo saggio inaugurò inconsapevolmente la branca della matematica conosciuta come teoria dei grafi che, nel corso dei secoli successivi, si sviluppò fino a diventare disciplina indipendente.

[5] Albert-László Barabási, 2004, *La scienza delle reti*, Einaudi, pag.8.
[6] M.S. Granovetter, The strenght of weak ties, *American Journal of sociology*, 1973.
[7] Leonhard Euler Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae, Volume 8, pp. 128-140.
[8] https://it.wikipedia.org/wiki/Problema_dei_ponti_di_K%C3%B6nigsberg

Figura 1: I sette ponti di Königsberg



Fonte: Rielaborazione dal testo di Albert-László Barabási[9]

A livello concettuale, una rete o grafo è definita come un insieme di elementi, detti nodi o vertici, che possono essere collegati fra loro da linee chiamate archi o lati o spigoli. Formalmente, si dice grafo una coppia ordinata $G = (V, E)$ di insiemi, con V insieme dei nodi ed E insieme degli archi, tali che gli elementi di E siano coppie di elementi di V (da $E \subseteq V\ x\ V$ segue in particolare che $|E| \leq |V|^2$)[10].
La teoria dei grafi classica si occupa principalmente di reti regolari e di reti casuali. Nelle reti regolari ogni nodo è connesso ad un numero fissato di nodi vicini come in una griglia[11]. In questa tipologia di reti si osserva una forte aggregazione, ovvero, i nodi sono tra loro molto connessi, connessione misurata attraverso il coefficiente noto come *clustering coefficient*.
I nodi possono essere individui, oggetti concreti o entità astratte, gli archi possono indicare relazioni, appartenenze, azioni[12]. Due o più grafi costituiscono una rete, che può andare da un gruppo di amici che si vedono per giocare a carte, fino ai miliardi di attori che si collegano nel web[13]. I grafi sono dunque gli elementi essenziali di una rete, e come tali forniscono un linguaggio unificante per descriverne la struttura[14].
La teoria dei grafi dà la possibilità di descrivere un reticolo di qualsiasi tipo ricorrendo ad un linguaggio convenzionale. Si tratta di un linguaggio che mette a disposizione un lessico preciso in grado di designare concetti utili per analizzare molte caratteristiche strutturali dei reticoli e fornisce la possibilità di misurarle[15].
Due nodi collegati da una linea si dicono adiacenti, questo vuol dire che i nodi sono direttamente collegati. L'insieme dei nodi adiacenti ad uno specifico nodo, n_i, ne rappresenta il vicinato e la somma dei nodi adiacenti ne rappresenta il grado di connessione. Il grado di un nodo è il valore numerico che esprime la dimensione del suo vicinato. Questa misura rappresenta una prima semplice proprietà che indica un' importante caratteristica strutturale di ciascun nodo, perché si può supporre che per ogni nodo un aumento del grado corrisponda ad una maggiore integrazione nella rete[16]. Un grafo si dice connesso se per ogni coppia di nodi esiste un cammino che li congiunge.
Uno dei problemi fondamentali e ancora aperti in questo filone di ricerca è la determinazione, in una rete, della presenza di eventuali nodi di maggiore importanza, dove la definizione di cosa si intenda per "importante"

---

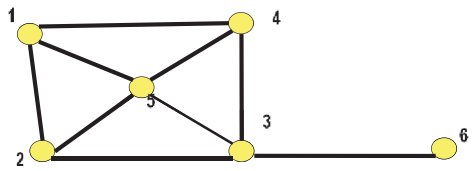
[9] Testo citato in nota 5.
[10] In modo più dettagliato, un grafo è una tripla $(V, E, f)\}$, dove V è detto insieme dei nodi, E è detto insieme degli archi e f è una funzione che associa ad ogni arco e in E due vertici u, v in V (in tal caso il grafo verrà detto ben specificato). Per maggiori dettagli si può consultare il lavoro di Reinhard Diestel (2005): Graph Theory, 3rd edition, Springer.
[11] John Scott, *Social Network Analysis*, SAGE Publications Ltd, 2017
[12] Wellman B., *Structural Analysis: from method and metaphor to theory and substance*, Berkowitz, 1988.
[13] Albert-László Barabási, Link – la scienza delle reti, Einaudi, pag.15.
[14] Ibid.
[15] Chiesi A. (1999), *L'Analisi dei reticoli*, FrancoAngeli, Milano.
[16] John Scott, *Social Network Analysis*, SAGE Publications Ltd, 2017.

cambia in relazione al campo di applicazione. In questo ambito ricoprono un ruolo di primo piano le cosiddette misure di centralità[17], che rappresentano misure di importanza dei nodi[18].
Di seguito si richiamano brevemente alcune tra le misure di centralità più utilizzate.
Il grado di centralità semplice, misura l'abilità di un nodo di comunicare direttamente con altri nodi. In termini matematici, il grado di un nodo, k_i, in una rete semplice, *G*, è definito usando la matrice di adiacenza, *A*, della rete:

$$k_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} = (e^T A)_i = (Ae)_i$$

con *e* vettore di soli 1, ovvero il vettore noto come versore. Quindi in una rete, il nodo *i* è più centrale del nodo *j* se $k_i > k_j$. Nella matrice, A, il valore 0 del singolo elemento a_{ij} indica che non esiste un legame diretto tra n_i e n_j e i due nodi non sono adiacenti. Il valore 1 di a_{ij} indica invece che esiste un legame diretto tra il n_i e n_j e i due nodi sono adiacenti. Si noti che, nell'analisi delle reti sociali, l'elemento a_{ii} ha sempre valore nullo in quanto non si considerano i legami di un nodo con sé stesso.
Per una migliore comprensione si consideri ad esempio, il grafo, *G,* con N = {1, 2, 3, 4, 5, 6} e L= {1-4, 1-5, 1-2, 2-5, 2-3, 3-5, 3-4, 3-6, 4-5}, rappresentato graficamente e in versione matriciale in Figura 2. In questo esempio il vicinato del nodo 5 è l'insieme dei nodi {1, 2, 3, 4} e il grado del nodo 5 è 4. Mentre il vicinato del nodo 6 è solo il nodo 3 ed il suo grado è 1.

Figura 2: Esempio di grafo - rappresentazione grafica e matriciale



	1	2	3	4	5	6
1	0	1	0	1	1	0
2	1	0	1	0	1	0
3	0	1	0	1	1	1
4	1	0	1	0	1	0
5	1	1	1	1	0	0
6	0	0	1	0	0	0

In alcune applicazioni la matrice A conterrà al posto degli 1 numeri positivi che sono da interpretare come il peso attribuito a ciascun collegamento. Come, ad esempio, nel caso in cui l'insieme dei vertici del grafo rappresenti una serie di punti su una carta geografica, il peso degli archi può essere interpretato come la distanza dei punti che questi connettono.
Un'altra misura rilevante di centralità di un nodo è la *Closeness Centrality, CC*, che consente di misurare quanto un nodo è vicino agli altri nodi della rete. In formula:

$$CC(i) = (N - 1) / s(i)$$

con *N*, numero totale dei nodi della rete e *s(i)* distanza totale calcolata come somma delle distanze, ovvero

$$s(i) = \sum_{j \in V(G)} d(i, j)$$

dove *d(i, j)* è la distanza tra il nodo i, n_i, e il nodo j, n_j, per l'insieme dei nodi della rete, G.
L'analisi di un reticolo sociale necessita di rilevare le misure strutturali del grafo, che offrono informazioni relative alle proprietà di un nodo all'interno del reticolo e alle proprietà della struttura del reticolo nel suo insieme.
In questo senso, una prima semplice misura riguarda la dimensione della rete, N, ossia il numero totale dei nodi[19]. Va sottolineato che nel caso in cui si rilevino nodi non connessi ad altri, cosiddetti nodi isolati, questi sono esclusi dal conteggio del numero di nodi. Per comprendere quanta parte dei nodi è connessa si può

[17] Salvini A. (a cura di), *Analisi delle reti sociali. Teorie, metodi, applicazioni*, Franco Angeli, Milano, 2007.
[18] Nello studio delle reti complesse la nozione di centralità può essere importante per giudicare la rilevanza di nodi o aree della rete, attribuire una misura di distanza fra nodi o aree della rete identificando il grado di coesione delle aree della rete stessa.
[19] La rete di dimensioni minori in assoluto è la diade, ossia quella costituita da due nodi.

utilizzare l'indice di inclusività, *I*, che mette in rapporto il numero di nodi connessi, Nc, rispetto al numero totale dei nodi N (I = Nc / N). Se tale valore è minore del numero dei nodi significa che sono presenti dei nodi isolati.
Un'altra misura importante è la densità, D, che consente di valutare la connettività in quanto tiene conto del grado di accentramento, della molteplicità e della diffusione dei legami. D, è data dalla proporzione dei legami effettivamente presenti e quelli teoricamente possibili. La densità[20] di una rete è quindi data dal rapporto tra le relazioni esistenti e le relazioni potenzialmente sviluppabili:

$$D = I / [N (N - 1) / 2]$$

con I numero dei legami e N numero dei nodi. D assume valore nell'intervallo [0, 1] con 0 rete vuota e 1 rete completa. Valori prossimi a 0 possono essere interpretati come una rete debolmente connessa, mentre valori prossimi a 1 indicano una rete fortemente connessa. Una rete presenta alti livelli di connettività se le relazioni sono diffuse tra tutti i nodi senza esclusioni[21]. Maggiore è la densità di una rete e maggiore sarà la sua connettività.
Dopo aver valutato le misure relative alla rete nel suo complesso, considerando che una rete può essere intesa come un insieme di *network* più piccoli fra loro connessi, che si possono definire "gruppi", si procede con l'identificazione di questi gruppi. L'identificazione dei gruppi è, infatti, una fra le parti fondamentali della Social Network Analysis[22], che permette di associare a ciascun nodo l'appartenenza ad uno specifico gruppo. Per pervenire a questo risultato si utilizza una metodologia che inizia con l'identificare il numero massimo di legami che possono teoricamente esistere tra i nodi e procede individuando subgrafi.

2.2 Aspetti della metodologia per il caso di studio

Nel merito del caso di studio, prendendo in prestito i concetti delineati, si sono definiti i negozi come i nodi della rete. Su questi, si sono calcolate le relazioni basate sulla distanza reciproca e su quella dal centro cittadino, inteso come centroide riferito alla distribuzione fisica dei negozi sulla mappa. Le linee delle relazioni sono costituite dai toponimi stradali. Si assume che la rete in oggetto sia completa[23], in quanto tutti i nodi (negozi) sono collegati tra loro da almeno una linea (strada).
Sulla rete così definita si verifica, in primo luogo, il grado di connessione della stessa, la distanza tra i nodi, la presenza di *cluster* o comunità e ancora, studiando i collegamenti, si tenta di individuare i nodi più 'centrali' distinguendoli da quelli più periferici. Si prosegue, verificando la possibilità di identificare la presenza di nodi fra loro connessi ovvero di definire il *network*, l'insieme dei gruppi, in relazione alla posizione di ciascun nodo all'interno del grafo ed altri attributi di cui si vuole tenere conto.
In termini applicativi ciò si esplicita nell'implementazione di un algoritmo di *cluster*, *K-means*, basato sul calcolo delle misure di similarità/dissimilarità. Nel caso di studio, trattandosi di coordinate, è calcolata la distanza euclidea di ogni nodo dai centroidi[24] ed ogni nodo sarà assegnato al centroide la cui distanza risulti minima. I *cluster* sono formati attraverso un processo iterativo basato sulla progressiva riduzione delle distanze fra i nodi. Le iterazioni si ripetono fin quando l'algoritmo non raggiunge la convergenza. La convergenza è ottenuta quando la posizione dei centroidi è stabile[25] nelle iterazioni successive con la stabilità che viene determinata utilizzando alcuni indici.
In questa implementazione dell'algoritmo, la stabilità dei centroidi viene determinata confrontando il valore assoluto della variazione della distanza euclidea media tra le osservazioni e i loro corrispondenti centroidi rispetto a una soglia. Ciò produce un registro di valori soglia che associa i centroidi a tali valori e viceversa in

---

[20] Spesso la densità, D è calcolata tenendo conto anche della dimensione temporale, t. Ciò perché l'indicatore potrebbe variare nel tempo al variare della numerosità dei nodi della rete. Introducendo anche t nel calcolo la formula diviene $D_t = I_t / [N_t (N_t - 1) / 2]$.
[21] K. Thulasiraman, M. N. S. Swamy, *Graphs: Theory and Algorithms*, O'Reilly Media, 1992.
[22] John Scott, Social Network Analysis, SAGE Publications Ltd, 2017, pag 145.
[23] Un grafo è definito completo se due qualsiasi dei suoi vertici sono adiacenti (esiste un arco che li connette). La massima cardinalità di un sottografo completo del grafo si chiama densità del grafo.
[24] Per inizializzare le iterazioni l'algoritmo stabilisce casualmente dei centroidi di partenza.
25 Dunn J. C. (1974), "Well separated clusters and optimal fuzzy partitions", in J. Cybernetic, 4, 94.

modo da memorizzare quale sia il valore oltre il quale la distanza tra i punti richiede una ulteriore iterazione per migliorare il risultato.
L'obiettivo di questo processo è trovare il punto in cui l'aumento di k causerà una diminuzione molto piccola della somma, mentre la diminuzione di k ne aumenterà bruscamente il valore. Questo punto "dolce" è chiamato il "punto di gomito"[26]. Al termine del processo[27], ciascun nodo sarà assegnato ad un gruppo[28] e ad ogni gruppo è associato un centroide o punto medio di riferimento.
Per l'analisi è stato utilizzato in via principale il *framework* cartografico *Qgis 3.16.1-Hannover*, un progetto ufficiale della Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)[29]. I dati relativi ai toponimi, nonché i file formato cartografici in formato *shape* sono stati scaricati dal portale del Data Base Territoriale della Regione Lombardia[30]. Ogni regione amministrativa è infatti tenuta a predisporre e rendere accessibile i DBT (Data Base Territoriali) in base all'infrastruttura europea per l'informazione territoriale, INSPIRE[31], in corso di implementazione anche in Italia[32].
Nella Figura 3, è mostrato una porzione della città di Como, che consente di visualizzare come sia stata trasposta la rete stradale su Google Maps.

Figura 3: Dettaglio della rappresentazione dei toponimi su mappa

Fonte: Nostra elaborazione su Data Base Territoriale della Regione Lombardia

26 Peter J. Rousseeuw (1987). "Sagome: un aiuto grafico per l'interpretazione e la convalida dell'analisi dei cluster". Matematica computazionale e applicata 20: 53–65.

27 In termini di qualità il risultato finale dipende largamente dalla ripartizione iniziale dei gruppi. Dato che l'algoritmo è di solito estremamente veloce, è possibile applicarlo più volte e scegliere la soluzione più soddisfacente fra quelle prodotte.

28 L'unione di tutti i *cluster* deve contenere tutti i nodi di partenza, ogni nodo può appartenere ad un solo *cluster*, almeno un nodo deve appartenere ad un *cluster* e nessun *cluster* può contenere tutti i nodi.

29 https://qgis.org/it/site/

30 Di seguito il link di riferimento http://www.geoportale.regione.lombardia.it/ (consultato il 10/03/2021).

31 https://www.mite.gov.it/pagina/inspire

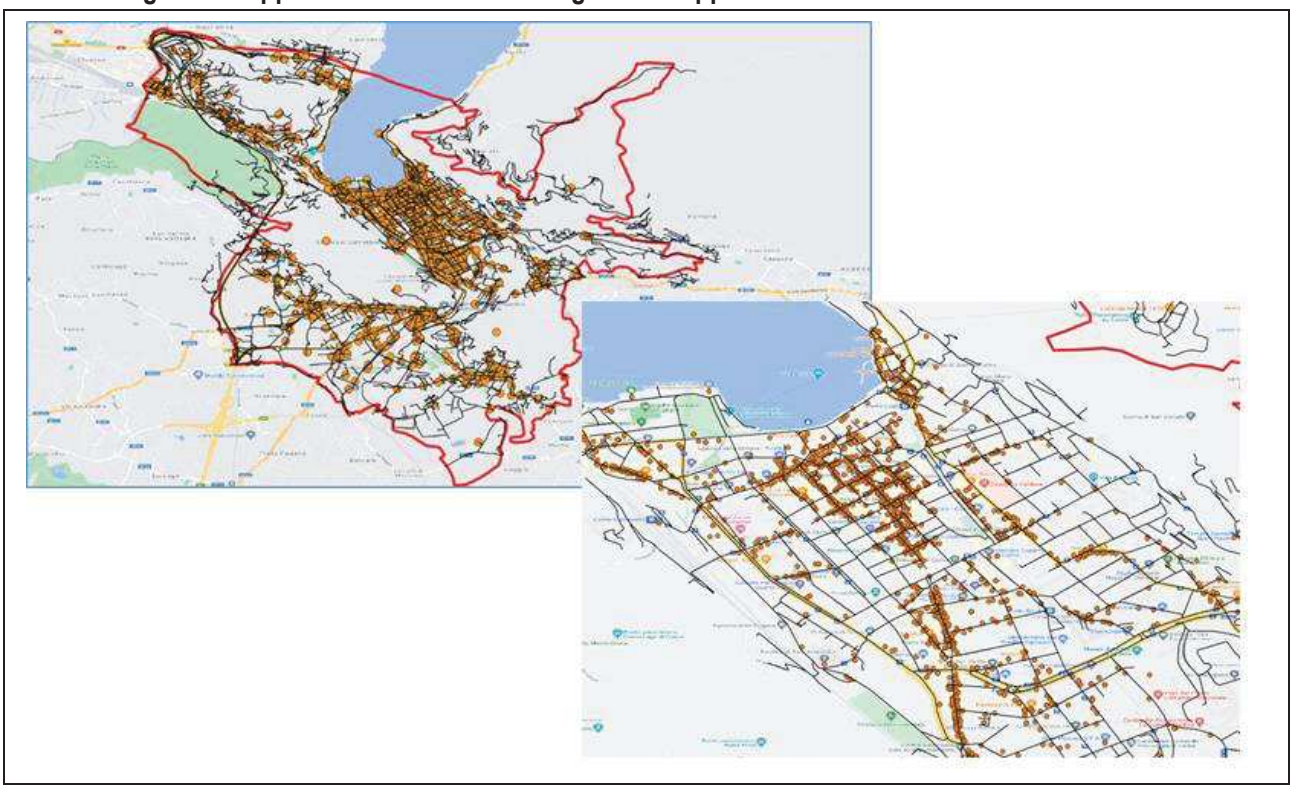
32 Ad oggi, le regole tecniche definite in tale ambito fanno riferimento alle attività svolta dal Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni e riguardano: l'utilizzo dei dati catastali, l'adozione del sistema geodetico nazionale, i *database* geotopografici, il contenuto le modalità di alimentazione del RNDT, le ortofoto digitali alla scala nominale 1:10.000.

3 Applicazione

3.1 Preparazione dei dati

Nel primo passo dell'analisi sono stati geolocalizzati sulla mappa i negozi identificati come le unità immobiliari, con categoria catastale C/1[33], censite nell'archivio del catasto urbano, che insistono nel comune di Como. Il posizionamento su mappa è avvenuto utilizzando l'informazione sull'indirizzo catastale. Questi ultimi sono stati convertiti in coordinate utilizzando le *Application Programming Interface*, API, di Google e in particolare il programma *Geocoding* che consente proprio di derivare le coordinate geografiche a partire da un indirizzo.
Sulla base delle coordinate geografiche così ottenute, sono stati collocati su mappa 2.838 negozi, rispetto ai 2.883[34] censiti nel comune di Como e visualizzati come punti (Figura 3).

Figura 4: Rappresentazione dei nodi negozi su mappa – intera città e zoom su zona centrale



Fonte: Nostra elaborazione su Data Base Territoriale della Regione Lombardia e coordinate derivate da indirizzi catastali convertiti con API Google

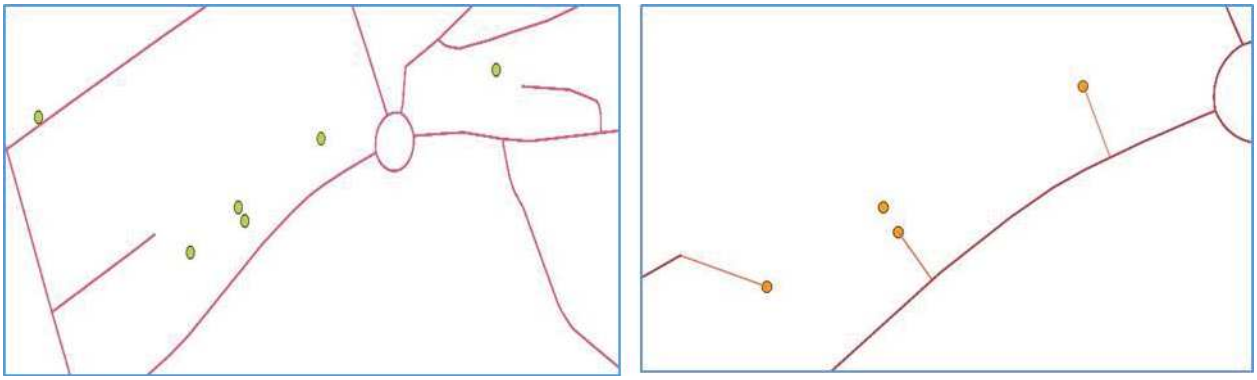
Per rendere permanente l'unione dei punti e poter calcolare la distanza reciproca tra gli stessi e dal centro cittadino si è reso necessario collegare i punti, negozi, agli archi, che in questo caso rappresentano le strade. Il collegamento è stato effettuato attraverso l'implementazione di un algoritmo[35] che traccia una linea tra il punto e l'arco come mostrato nell'esempio di Figura 5.

[33] Sono state prese a riferimento le unità che risultano censite al 31/12/2019.

[34] Al 2019, risultano censite nel comune di Como, 2.883 unità C/1 ma per 45 unità non è stato possibile convertire l'indirizzo catastale uiu per errori nella georeferenziazione.

[35] Si è utilizzato un algoritmo SQL integrato in Qgis.

Figura 5: Unione punti e archi



Fonte: Nostra elaborazione

Nella fase successiva si è proceduto ad identificare il centro urbano. Il concetto di centro urbano è ampiamente trattato nell'ambito dell'economia urbana e nelle discipline afferenti all'urbanistica. Ci si riferisce al centro urbano in relazione alla posizione fisica, alla forma urbana e alla distribuzione delle attività di una città. Non necessariamente il centro urbano corrisponde con il centro fisico della città; infatti in alcuni casi si può parlare di città monocentriche, come Milano, o policentriche come Roma[36].

Il centro urbano è anche il centro abitato, ovvero il complesso di abitazioni organizzate intorno a servizi minimi. L'ISTAT definisce il centro abitato come "*aggregato di case contigue o vicine con interposte strade, piazze e simili, (…), caratterizzato dall'esistenza di servizi od esercizi pubblici (scuola, ufficio pubblico, farmacia, negozio o simili) costituenti la condizione di una forma autonoma di vita sociale, e generalmente determinanti un luogo di raccolta ove sono soliti concorrere anche gli abitanti dei luoghi vicini per ragioni di culto, istruzione, affari, approvvigionamento e simili, in modo da manifestare l'esistenza di una forma di vita sociale coordinata dal centro stesso. (…)*"[37].

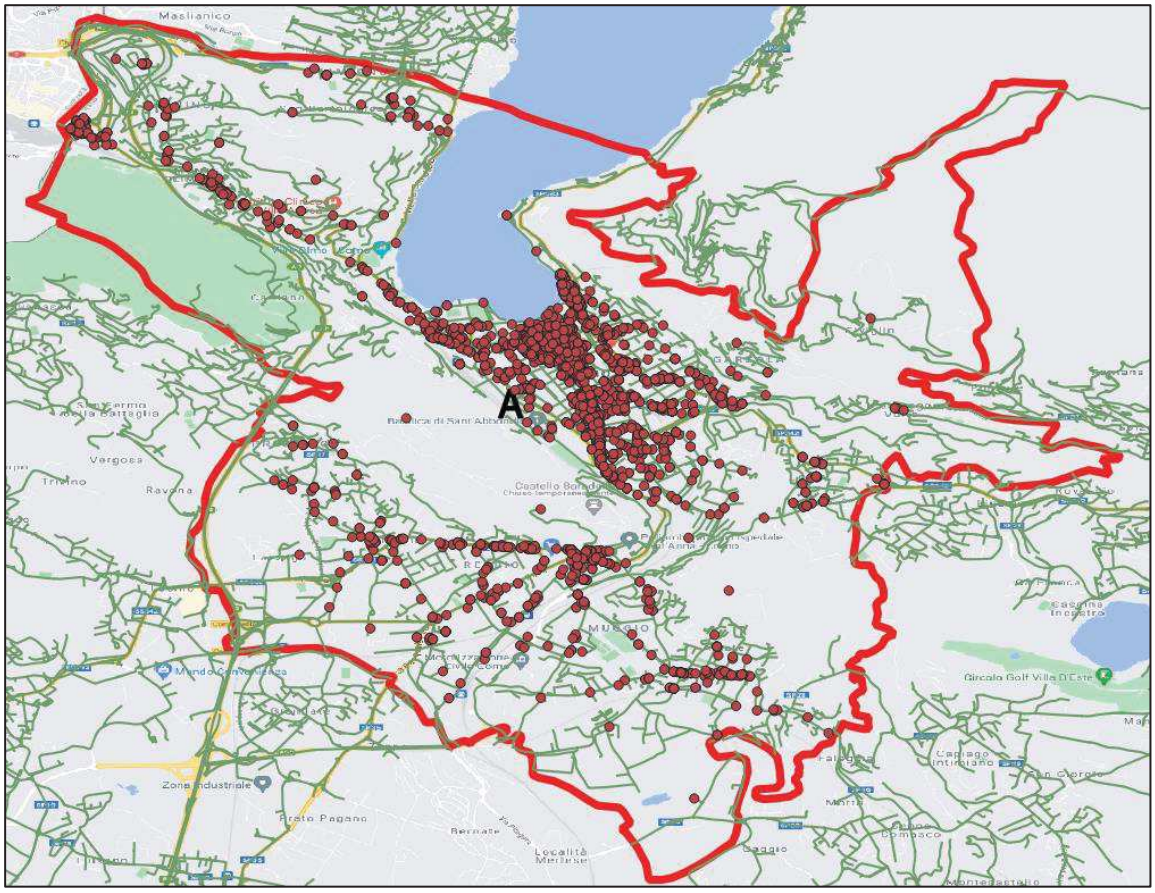
Ai fini di questo studio, si è identificato il centro urbano del comune di Como, come il baricentro, ovvero il punto le cui coordinate, nel sistema di riferimento[38] utilizzato, sono il risultato della media aritmetica delle rispettive coordinate dei punti. A Como il baricentro della distribuzione dei negozi sulla mappa è il centro di Via Regina Teodolinda, evidenziato nella mappa di Figura 6 con una '**A**'.

[36] Secchi B., *Prima lezione di urbanistica*, Roma – Bari, 2000.

[37] ISTAT, Centro abitato, definizione in Glossario – 14° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni, www.istat.it.

[38] Il sistema geografico di riferimento utilizzato è il WGS84.

Figura 6: Punti negozi e localizzazione del Centro Urbano



Fonte: Nostra elaborazione su Data Base Territoriale della Regione Lombardia e coordinate derivate da indirizzi catastali convertiti con API Google

Utilizzando la rete dei toponimi, è stata calcolata la matrice delle distanze dal centro cittadino di ogni nodo/negozio, come distanza in metri da percorrere a piedi per raggiungere il centro urbano '**A**'.
In Figura 7 è riportato l'istogramma delle distanze di ogni negozio rispetto al centro urbano definito, con la maggior parte delle unità che si colloca nella classe di distanza tra 600 e 900 metri.
Nella mappa di Figura 8 sono mostrati i negozi distinti cromaticamente per classe di distanza rispetto al centro.

Figura 7: Distribuzione della distanza dal centro (in metri da percorrere a piedi) di ciascun negozio

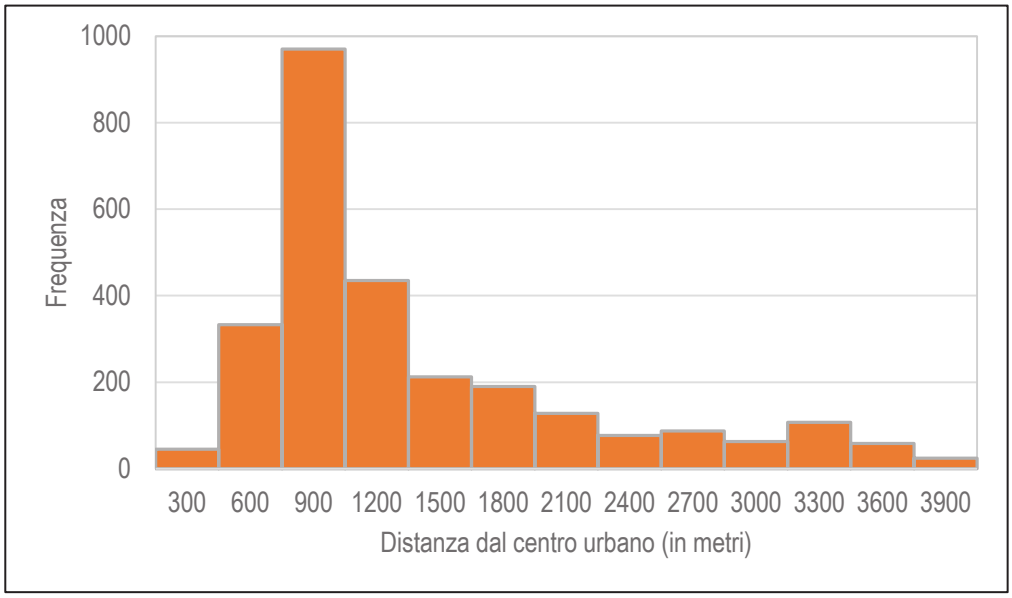
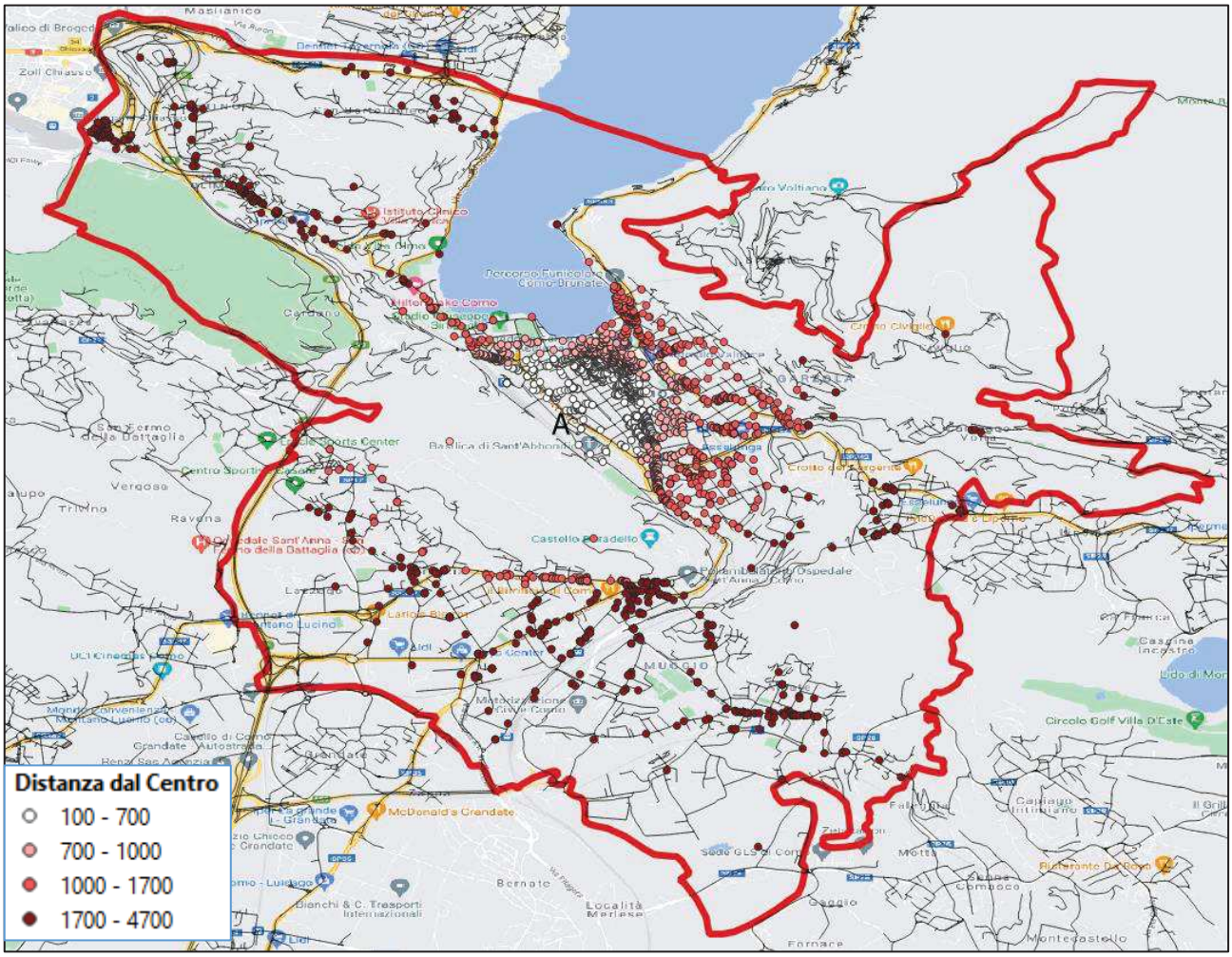


Figura 8: Distribuzione dei negozi per classi di distanza (in metri da percorrere a piedi) rispetto al centro urbano



Fonte: Nostra elaborazione su Data Base Territoriale della Regione Lombardia e coordinate derivate da indirizzi catastali convertiti con API Google

Continuando con gli elementi inerenti la posizione geografica di ciascun negozio, si è assunto che la densità[39] sia pari a 1, che quindi si sia in presenza di un grafo completo[40], e per la raggiungibilità[41] si è ipotizzato che a prescindere dalla distanza, esista almeno un percorso che unisce sempre due punti (negozi). La direzione dei collegamenti non è influente in quanto si è calcolata la distanza da coprire a piedi.

Per quanto riguarda gli indici di centralità, si è scelto di utilizzare un indicatore basato sulla vicinanza, ossia una misura della centralità globale, che dipende dalla posizione del nodo nell'intera rete, considerando la distanza rispetto a tutti gli altri nodi della rete. Un nodo è quindi tanto più centrale nel gruppo quanto più è vicino a molti altri nodi e interagisce velocemente con gli altri nodi[42].

Utilizzando un algoritmo[43] per il calcolo della vicinanza si ottiene la matrice[44] della vicinanza di ciascun punto rispetto a tutti gli altri. La Tabella 1 sintetizza la distribuzione della matrice di vicinanza ottenuta per i 2.838 negozi di Como. La maggior parte dei nodi negozi ha un valore di vicinanza compreso tra 8,5 e 11,2. Una migliore comprensione dell'indicatore di vicinanza è desumibile dalla mappa di Figura 9 che evidenzia come in

[39] Definita nel paragrafo 2.1 Richiamo alla teoria delle reti.

[40] Un grafo è definito completo se due qualsiasi dei suoi vertici sono adiacenti (esiste un arco che li connette).

[41] Indica se un nodo è raggiungibile da un altro, indipendentemente dalla lunghezza del percorso e tenendo in conto l'orientamento dei legami.

[42] La centralità come vicinanza è quindi inversamente proporzionale alla distanza, geodetica o euclidea. Meno si è distanti dagli altri nodi, più si è centrali e viceversa.

[43] Per il calcolo della vicinanza si è utilizzato l'algoritmo disponibile in Qgis che assegna ad ogni nodo un punteggio di vicinanza totale.

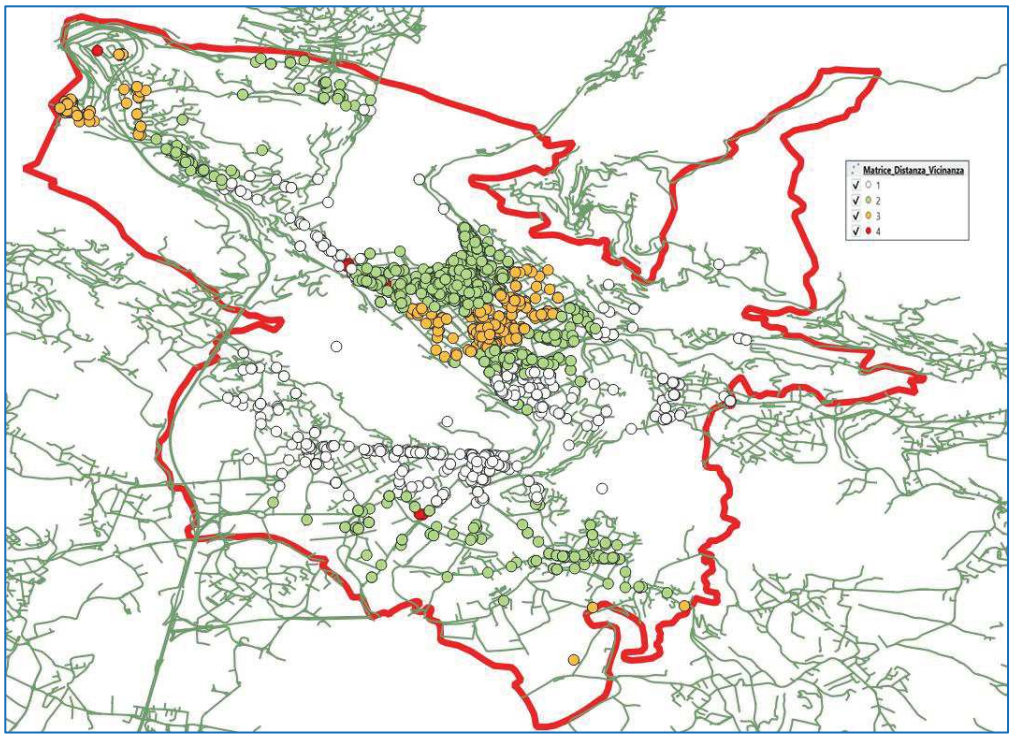
[44] Si tratta di una matrice simmetrica rispetto alla diagonale principale con valore di quest'ultima = 0.

termini di vicinanza si possano distinguere 4 gruppi di negozi, con il grado di vicinanza[45] che tende a raggrupparsi in alcune zone del comune. Ciò è spiegato dal fatto che per il calcolo è stata utilizzata la rete stradale dei toponimi, le linee del grafo.

Tabella 1 - Distribuzione di frequenza della vicinanza

Valore vicinanza Da	Valore vicinanza A	Classe	Numero negozi
5,8	8,5	1	729
8,5	11,2	2	1.626
11,2	13,8	3	467
13,8	16,5	4	8

Figura 9: Distribuzione dei nodi per classi di vicinanza



Fonte: Nostra elaborazione su Data Base Territoriale della Regione Lombardia e coordinate derivate da indirizzi catastali convertiti con API Google

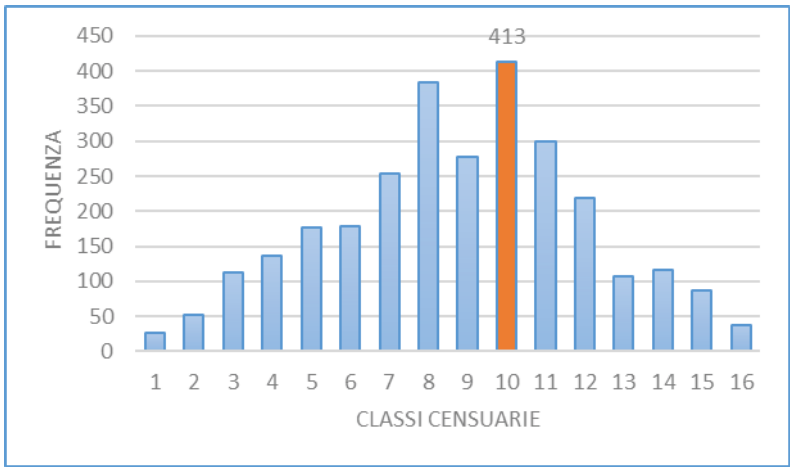
Oltre alle variabili legate all'ubicazione si sono prese in considerazione anche alcune caratteristiche censuarie associate alle unità immobiliari. Si ritiene che la classe censuaria[46] assegnata all'unità negozio possa fornire un'indicazione in merito alla sua minore o maggiore vocazione commerciale posto che per l'assegnazione della stessa va tenuta in conto anche "*l'ubicazione […], la rispondenza della zona a particolari esigenze od abitudini locali per l'esercizio del commercio e delle professioni od anche a particolari preferenze da parte di taluni ceti della popolazione […] ed anche la solvibilità dei locatari in rapporto al ceto cui appartengono*[47]*."*
Il 48% dei negozi censiti a Como, nel 2019, si colloca nell'intervallo di classe tra l'ottava e l'undicesima con 400 negozi, il 14% del totale, in classe decima (Figura 10).

[45] Uno dei possibili utilizzi del grado di vicinanza di ogni singolo nodo consiste nell'individuare e assegnare un punteggio di *raggiungibilità* ad ogni gruppo che presenta caratteristiche simili nelle medesime classi di vicinanza.

[46] Si è consapevoli dei limiti contenuti negli attuali classamenti operati in catasto, tuttavia, altre informazioni economiche da poter associare all'unità immobiliare o in alternativa al toponimo quali ad esempio il fatturato di un certo periodo, il numero di addetti, il valore aggiunto ecc., non sono al momento accessibili.

[47] Istruzione IV del 1942, parte terza art. 11, lettere a, d, f.

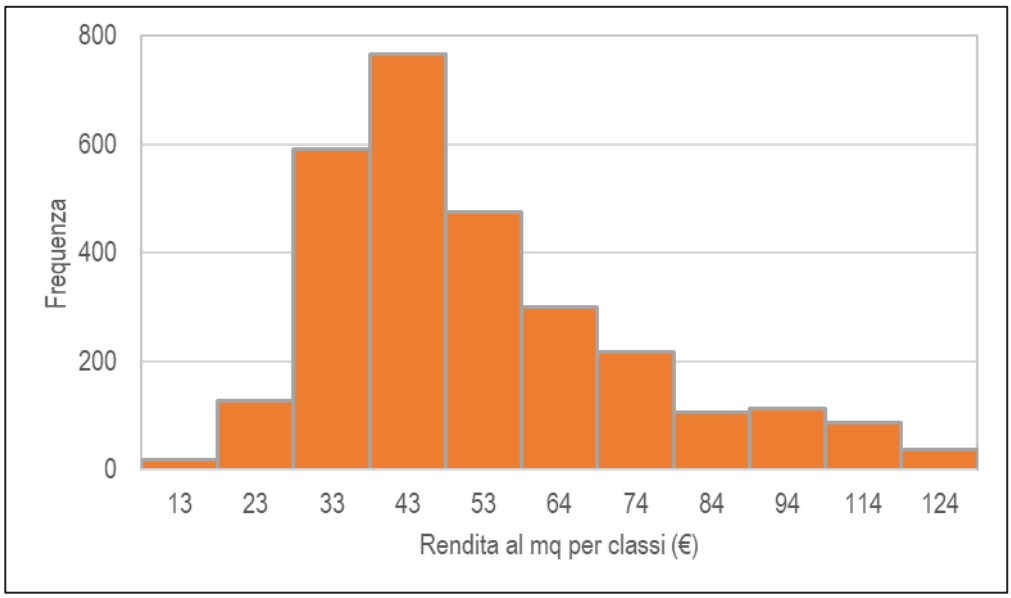
Figura 10: Distribuzione delle unità C/1 rispetto alla classe censuaria associata



Fonte: Nostra elaborazione su informazioni tratte dall'archivio catastale

Un'ultima variabile presa in considerazione è la rendita al mq per ciascuna unità immobiliare. In Figura 11 è mostrato l'istogramma della distribuzione della rendita al mq che evidenzia una concentrazione di negozi con rendita al mq intorno ai 43 €/mq e una quota di unità con valori oltre i 100 €/mq.

Figura 11: Distribuzione delle unità C/1 rispetto alla rendita al mq



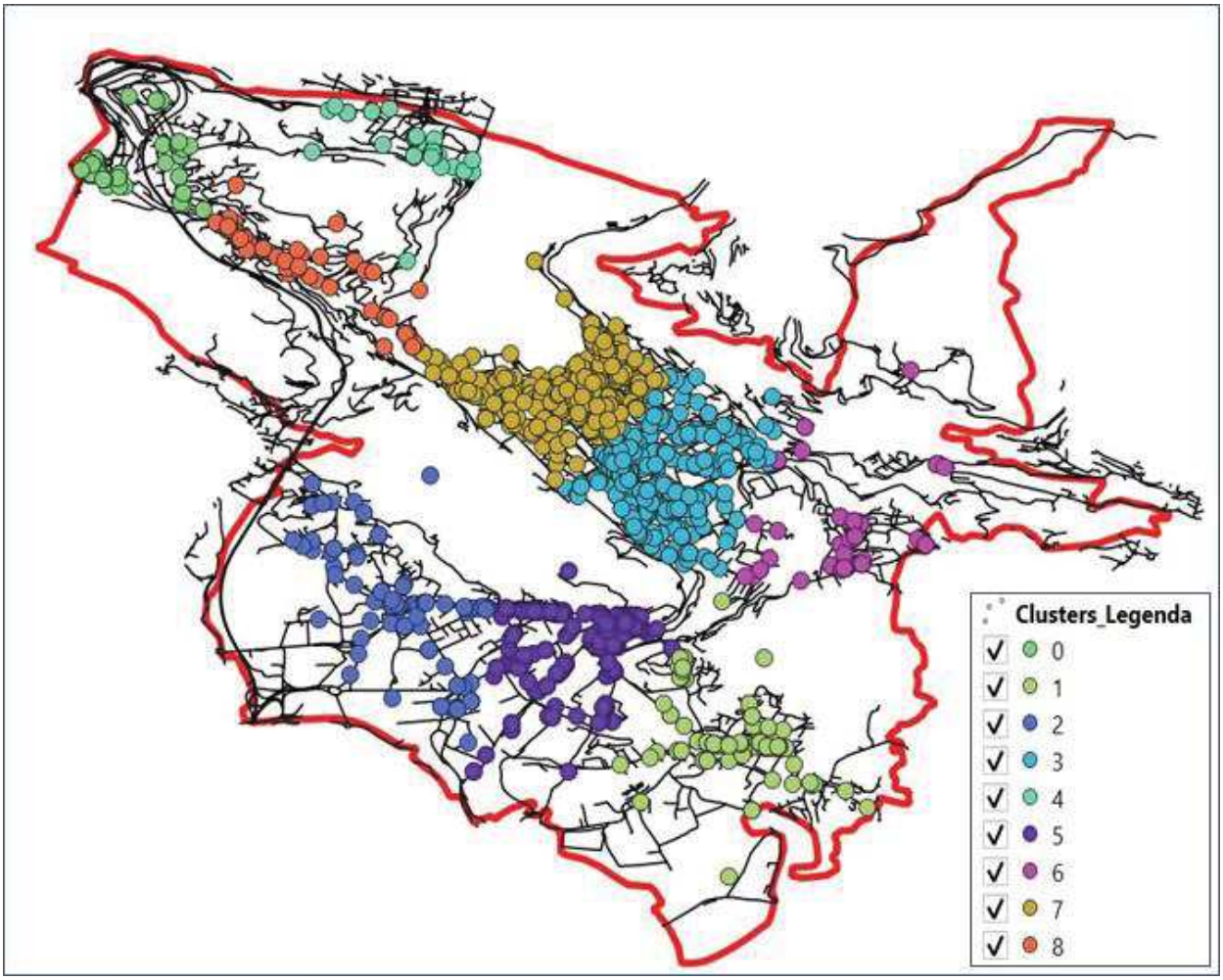
3.2 Definizione dei raggruppamenti

Sulla base alla metodologia esposta e delle variabili definite si procede ad implementare una classificazione per i punti/negozi. Si effettua la *cluster analysis* utilizzando l'algoritmo *K-means*, giungendo ad una soluzione accettabile in 20 iterazioni. La stabilità dei centroidi è stata verificata confrontando il valore assoluto della variazione della distanza euclidea media tra le osservazioni e i loro corrispondenti centroidi rispetto a una soglia. Sono stati individuati 8 gruppi visualizzati nella mappa di Figura 12 e per i quali sono riportate le principali statistiche descrittive delle variabili utilizzate per la cluster (Tabella 2).

Il gruppo 7, che raggruppa le unità del centro della città, è il più numeroso, accoglie negozi che presentano una distanza media inferiore dal centro urbano, un classamento medio e una rendita al mq superiore a quella degli altri gruppi. I gruppi 1, 2 e 5 accolgono negozi più distanti dal centro urbano e con classe censuaria media più bassa. Si evidenzia come l'aver utilizzato una distanza riferita ai metri da percorrere a piedi lungo i toponimi,

rappresenti un vantaggio della metodologia. Se diversamente si fosse calcolata una distanza euclidea si sarebbe fornita un'indicazione errata della reale lontananza dei negozi dal centro.

Figura 12: Cluster negozi comune di Como



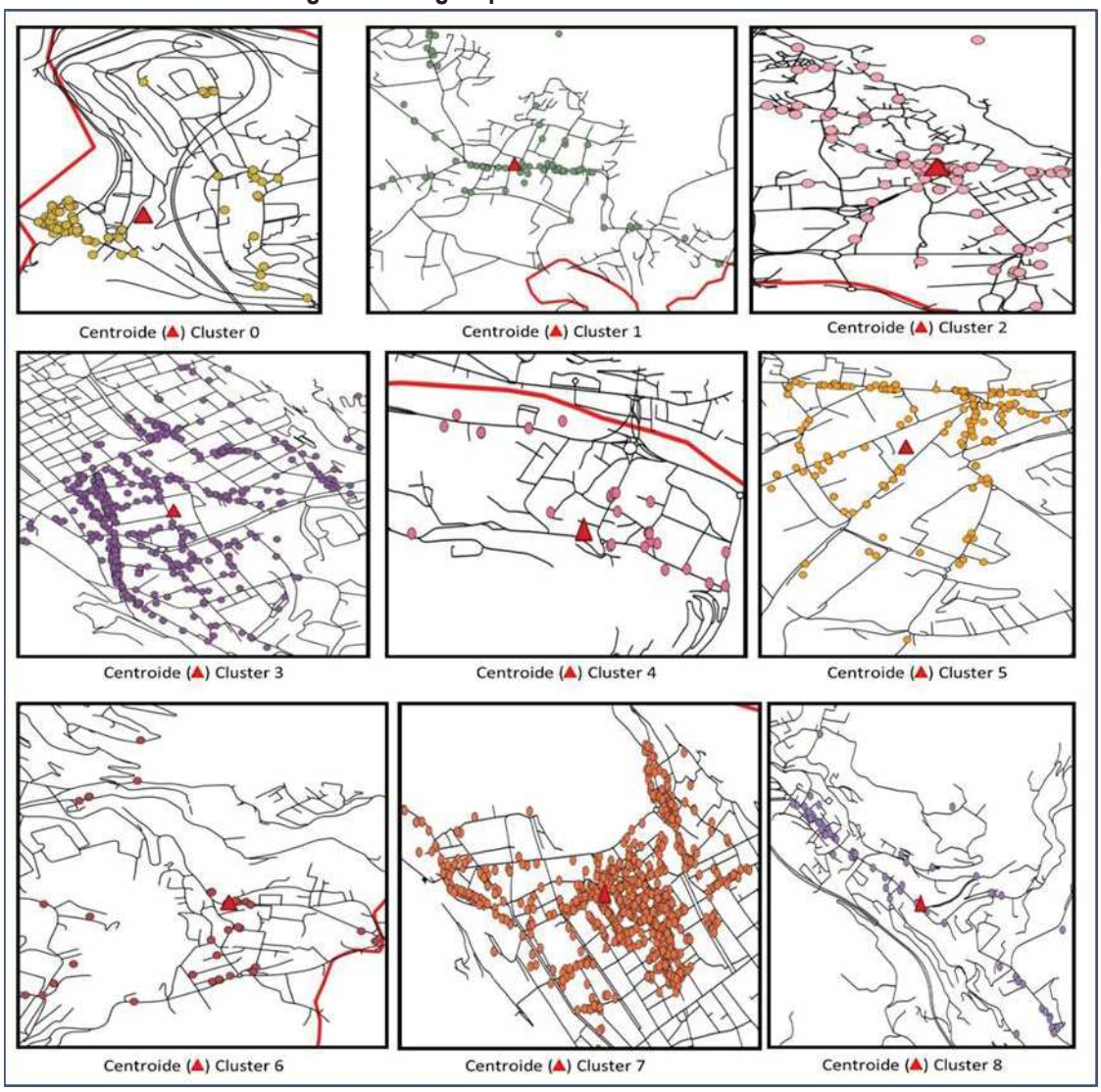
Fonte: Nostra elaborazione

Tabella 2: Principali statistiche di composizione dei cluster

Cluster	N.ro Nodi/Negozi	Classe censuaria media	Moda di Classe censuaria	Rendita mq Media
0	111	7	8	€ 33,50
1	108	4	5	€ 39,10
2	119	5	4	€ 37,00
3	823	9	11	€ 44,50
4	38	7	10	€ 36,00
5	234	7	8	€ 33,00
6	89	8	7	€ 42,70
7	1.193	11	10	€ 59,80
8	123	8	8	€ 39,10
Totale	**2.838**	**9**	**10**	**€ 48,60**

Una volta definita la migliore composizione dei *cluster*, si è proceduto a trovare, per ognuno di essi, il centroide, assunto come il punto di coordinate pari alla media delle coordinate dei punti appartenenti al gruppo. In Figura13 sono mostrati, separatamente, i negozi di ciascun gruppo e il relativo centroide che, può essere inteso come un punto di riferimento per il gruppo individuato.

Figura 13: Negozi per cluster e relativi centroidi



Su questa ripartizione è stata definita una ipotesi di zonizzazione. Si è proceduto, attraverso una tassellazione del territorio, a tracciare dei poligoni considerando come vertici i punti più esterni di ogni *cluster*. In Figura 14Figura si mostra il risultato finale che riporta una possibile zonizzazione del comune di Como per la tipologia negozi. Si tratta di una ripartizione che tiene conto della distribuzione territoriale delle specifiche unità immobiliari, della loro reciproca relazione in termini di distanza/vicinanza e di alcune caratteristiche censuarie.
Nella successiva mappa di Figura 15 la ripartizione ottenuta è sovrapposta al *layer* delle zone OMI al secondo semestre 2020. Rispetto alla zonizzazione vigente, le zone per i negozi, $zone_c$, sono in numero minore e considerano le sole aree ove sono censiti negozi. Si tratta di una suddivisione che appare del tutto plausibile con la $zona_c$ 8, quella che raggruppa i negozi del 'centro' che copre quasi tutte le zone OMI centrali, le $zone_c$ 4 e 7 che coprono la fascia semicentrale e le altre zone che in parte dividono o si interpongono su più zone OMI.

Figura 14: Ipotesi di zonizzazione per la tipologia Negozi – Comune di Como

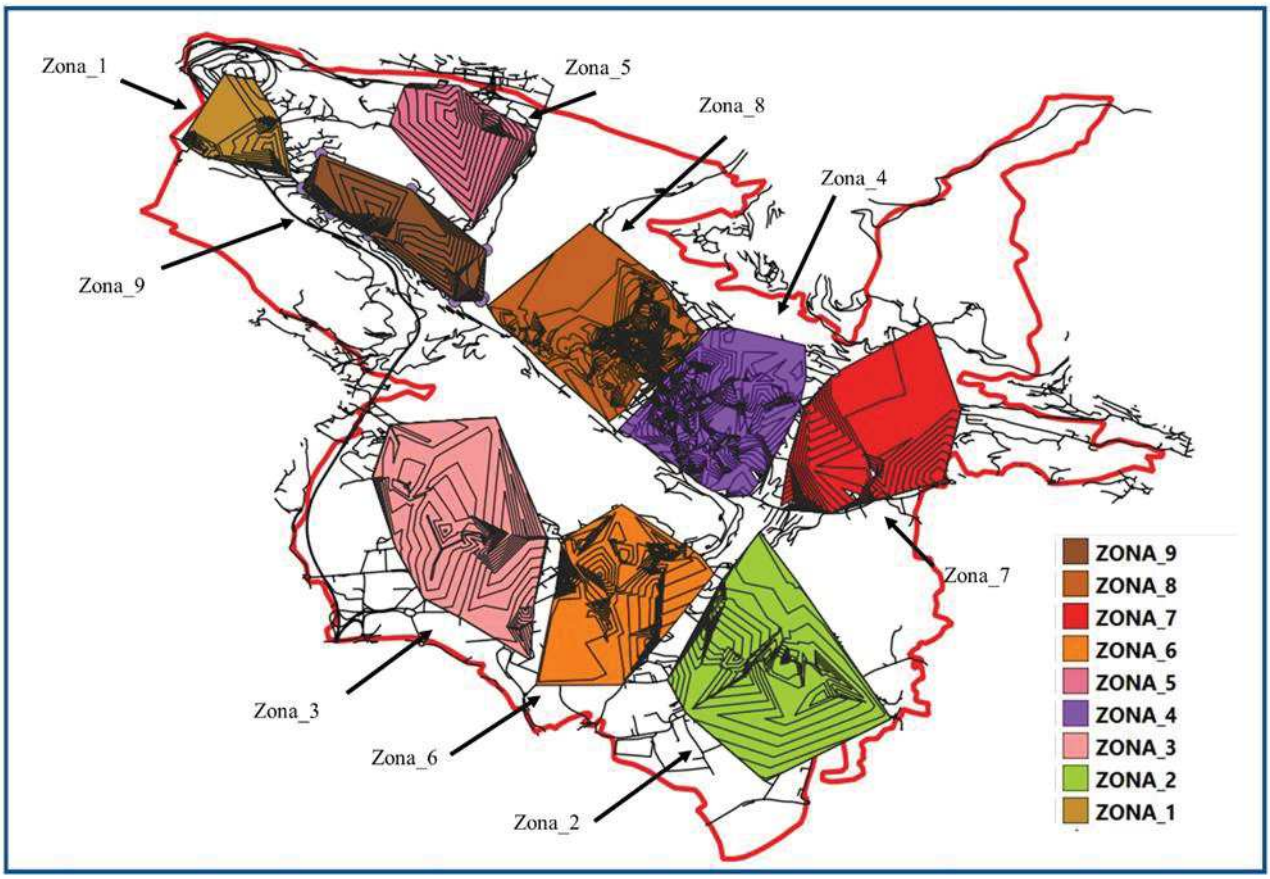
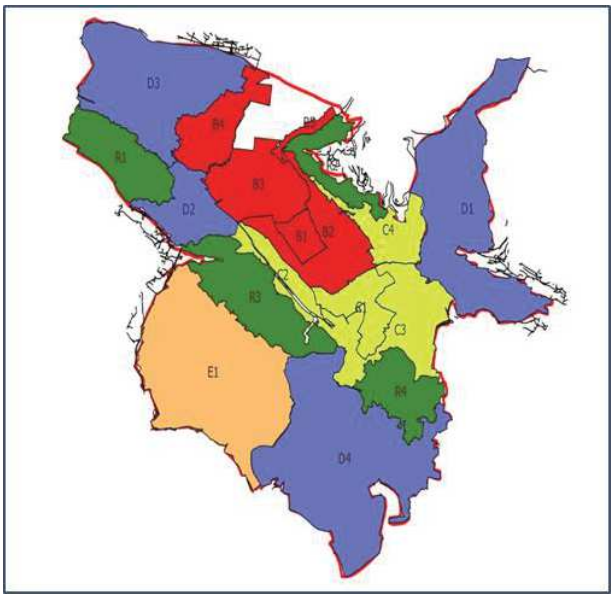
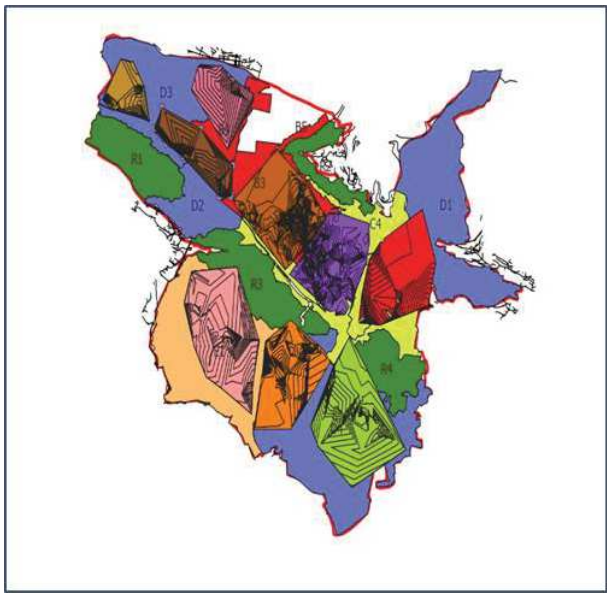


Figura 15: Confronto tra zone OMI (al 2° semestre 2020) e zonizzazione Negozi a Como





4 Conclusione e prospettive

Nello studio proposto si è mostrato come l'utilizzo delle informazioni relative al posizionamento delle unità immobiliari possa offrire, attraverso una lettura geografica delle relazioni di ciascun punto rispetto agli altri, una

modalità per giungere a definire una ripartizione territoriale. In particolare, l'analisi delle relazioni tra unità, intese come nodi di una rete, consente di mettere in evidenza l'influenza reciproca con le altre unità.
La possibilità di creare una zonizzazione del territorio relativa alla sola tipologia dei Negozi è in questa fase, certamente sperimentale e naturalmente perfezionabile. La metodologia va testata su altri comuni di dimensione diversa e potrebbe essere arricchita da ulteriori informazioni sulle unità. Un miglioramento potrebbe derivare dall'integrazione con dati di tipo economico quali, ad esempio, il Codice ATECO dell'attività commerciale, la verifica preliminare dell'effettivo svolgimento di un'attività (negozio aperto o chiuso), valore aggiunto, ecc.
Di grande utilità potrebbe rivelarsi anche l'utilizzo di ulteriori *layer* geografici, disponibili negli stessi Data Base Territoriali (DBT) citati.
Si potrebbero aggiungere anche i *layer* che contengono informazioni sulle reti di sottoservizi, le carte relative al Sistema Informativo Nazionale Federato delle Infrastrutture[48] (SINFI) e le mappe del progetto *Public Energy Living Lab*[49] (PELL) per l'illuminazione pubblica. In aggiunta, in ambito europeo, il sistema *Geographic Information System of the Commission*[50] (GISCO), gestisce una banca dati di informazioni geografiche e fornisce servizi correlati alla Commissione. Il suo *database* contiene dati geografici fondamentali che coprono l'intera Europa, come i confini amministrativi e informazioni geospaziali tematiche, come i dati della griglia della popolazione[51].
Al di là dei possibili miglioramenti, si ritiene che la metodologia proposta presenti aspetti innovativi sia in termini di strumenti utilizzati, sia in termini di approccio. Si dimostra, infatti, come la valorizzazione delle informazioni contenute negli archivi amministrativi, in congiunzione con gli elementi cartografici e l'utilizzo di strumenti tecnologici evoluti si riveli utile per avviare un percorso in grado di colmare alcune criticità dell'attuale ripartizione del territorio in zone OMI.

[48] https://sinfi.it/portal/
[49] https://www.agid.gov.it/it/dati/dati-territoriali
[50] https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco
[51] Alcuni dati sono gratuitamente disponibili per il download e in generale possono essere utilizzati per scopi non commerciali.

Bibliografia e sitografia

Agenzia delle Entrate - Osservatorio del Mercato Immobiliare (2017). *Manuale della Banca Dati Quotazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare* pubblicato sul sito internet dell'Agenzia delle Entrate al link https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/web/guest/aree-tematiche/osservatorio-del-mercato-immobiliare-omi.

Barabási, A. L. *Link (2004). La scienza delle reti*, Einaudi.

Carlson, S. C. (2020, November 24). Graph theory. Encyclopedia Britannica. https://www.britannica.com/topic/graph-theory

Chiesi, A. (1999). *L'Analisi dei reticoli*, Franco Angeli, Milano.

Diestel, R. (2005). *Graph Theory*, 3rd edition, Springer.

Dunn, J. C. (1974). *Well separated clusters and optimal fuzzy partitions*, in J. Cybernetic, 4.

Euler, L. (1726). *Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae*, Volume 8, pp. 128-140.

Granovetter, M.S. (1973). *The strenght of weak ties*, American Journal of sociology.

ISTAT, Centro abitato, definizione in Glossario – 14° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni, www.istat.it.

Rousseeuw, P. J. (1987). *Sagome: un aiuto grafico per l'interpretazione e la convalida dell'analisi dei cluster*, Matematica computazionale e applicata 20.

Salvini, A., (2007). *Analisi delle reti sociali. Teorie, metodi, applicazioni*, Franco Angeli, Milano.

Scott, J. (2017). *Social Network Analysis*, SAGE Publications Ltd.

Secchi, B. (2000). *Prima lezione di urbanistica*, Roma – Bari.

Stephenson, K. Zelen, M. (1989). *Rethinking centrality: Methods and examples*, Social Networks 11.

Thulasiraman, K. and Swamy, M. N. S. (2011). *Graphs: Theory and Algorithms*, John Wiley & Sons.

Wellman, B. (1988). *Structural Analysis: from method and metaphor to theory and substance*, Berkowitz.

https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco

https://www.agid.gov.it/it/dati/dati-territoriali

https://qgis.org/it/site/

http://www.geoportale.regione.lombardia.it/

https://www.mite.gov.it/pagina/inspire

https://it.wikipedia.org/wiki/Problema_dei_ponti_di_K%C3%B6nigsberg

https://www.britannica.com/topic/graph-theory