

BY USING GIS TECHNOLOGIES INTO THE RELATIONSHIP BETWEEN URBAN GREEN AND THE SOCIAL AND BUILT ENVIRONMENT OF THE MUNICIPALITY OF POZZUOLI (DISTRICT OF NAPLES, ITALY)

Abstract

We present a study of the relationship between green areas and the dimensions and the characteristics of the population and of the built environment in the city of Pozzuoli (district of Naples, Italy). This study is outlined from GIS technology and advanced methods of spatial analysis consisting into a pre-processing phase of collection and reconciliation of data available at the various information sources (aero-photogrammetric data, last ISTAT census, topographic database, open StreetMap, etc.) and from a subsequent phase of elaboration and calculation of specific indicators for assessing the relationship between urban green spaces and the social and built environment. By means of classification and aggregation processes of homogeneous microzones, final thematic maps of synthesis are produced that highlight the distribution of the municipal areas with a different relationship between the urban green and the social and built environment.

Keywords: urban green, urban context, microzone, GIS, fuzzy rule system

Introduction

In this study we present a GIS-based integrated application framework to support the decision's makers to partition a complex urban system in homogeneous urban areas by considering the relationships between the presence of urban green, social characteristics and built environment. In order to make urban areas more resilient to the effects of climate change, account should be taken of the presence of public-type green to facilitate energy efficiency in urban areas.[1] The approach proposed integrates processes of spatial analysis finalized to the calculation of specific indicators and a Mamdani fuzzy rule-based system [2]-[3] used for the classification of the homogeneous urban areas. The area of study is initially divided in microzone, homogeneous portions of the urban system, that are the atomic elements of reference for the harvest of the ISTAT census data. The decision maker selects physical, morphological, environmental and socio-economic indicators necessary to characterize the urban context and creates the set of fuzzy rules necessary to classify micro-zones based to the type of urban context. The innovative aspect of the research is the implementation of an unsupervised

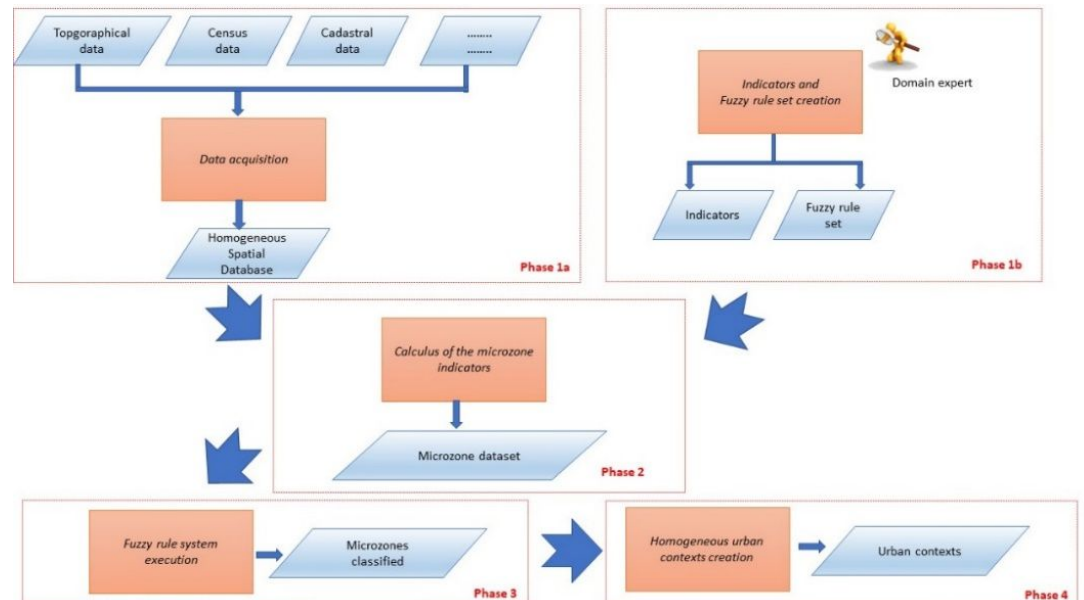


Fig.1- Architecture of the framework

classification process that allows, through a user-oriented fashion to construct the fuzzy rule-set[4], to obtain the thematic map of representation of the partitioning of the study area by homogeneous areas in relation to the presence of urban green and the type of social fabric and built.

The area of study

The study area selected for the proposed framework test is the Municipality of Pozzuoli (Naples, Italy). The municipality of Pozzuoli is composed of a multiplicity of urban areas of different types, such as industrial areas, modern residential areas, the historic center and tourist areas. The presence of volcanic hills within the municipal area has allowed urban development, mainly at the bottom of them and towards the coastal areas. It is interesting to study how the multifaceted contexts in the Municipality are distributed in relation to its different natural, social and urban characteristics; in particular, the test focused on the distribution in the Municipality of different homogeneous contexts regarding the density of urban green in relation to the type of social fabric and the built environment.

The municipality of Pozzuoli is divided into 243 microzones referred to in the dataset of the last ISTAT census of 2011.

End-user of the framework was the Town planning office of the Municipality which, in addition to providing a set of datasets necessary for the test, was involved in the selection of indicators and in the creation of the fuzzy rule set.

The framework and its breakdown into phases

The proposed framework consists of 5 phases, shown in fig.1.

Step 1a - Data acquisition

In this phase the reconciliation of the different inhomogeneous datasets acquired by the



Fig.2 - Census sections of the municipality of Pozzuoli (Na)

various institutional sources is produced. Typical reconciliation activities concern geometric-spatial functions such as, for example, the transformation and conversion of vector and raster spatial data into a single

coordinate system, the correction of topological errors, and data cleaning functions such as the elimination of errors in typing and redundancy. Then, all the entities and their relationships are created. The output of this phase is given by the homogeneous spatial database of the study area. The data required to implement our test were extracted from the 2011 topographical database, on a 1: 5000 scale provided by the Campania Region in a national Italian geotopographic structure following the InSpire GeoUML [5]-[6] data model.

The dataset of the microzones (census tractss) and the data concerning the population were provided by ISTAT, the Italian National Statistical Institute, the Italian public research body that deals with census and examines their social and economic characteristics.

The study area is highlighted in fig02, the limits of the micro-zones are visible in yellow.

From these data it was possible to obtain information on the buildings and their designated use, the presence of urban greenery and the presence of infrastructures.

The data obtained were homogenized by the following geo-processing operations:

- extraction of themes from a data set in various formats;

- application of spatial operators related to the acquisition of information entered as annotation texts (for example, the name of the road to be associated with arcs of a road network);

- data cleaning activities necessary to verify their integrity and accuracy, eliminate anomalous values and correct inconsistent data and redundancies.

Finally, all the themes and tables are imported into a spatial database and the relationships between them is established.

All data sets were converted to the UTM WGS84 zone 33 N plane coordinate system. The same data levels provided by different data sources were normalized and integrated.

Phase 1b - Creating the indicators and the fuzzy rule set

The objective of this phase is the selection of summary indicators and the creation of the fuzzy rule set. The decision maker identifies those summary indicators necessary to characterize the types of urban areas and prepares the set of empirical rules that make it possible to classify a microzone.

In our test 7 synthesis indicators were selected that allow typing the microzone in relation to the urban green, the built and the resident population.

Below is a description of the seven indicators.

Step 2 - Calculation of indicator values

In this phase the indicator calculation functions are implemented for all microzones.

In our test, to calculate the I1 indicator, the extension of the whole built in the microzone was taken into consideration; it was related to the number of residents in the microzone.

The calculation of the I2 indicator was performed by comparing the extension of the built to the extension of the entire microzone.

To calculate the I3 indicator, the extension of urban green areas within the microzone was

taken into account, and then related to the number of residents. The calculation of the I4 indicator was carried out by comparing the overall extension of the urban green areas in the microzone with the number of disadvantaged residents considered as residents aged under 10 years or over 65 years. The I5 indicator was calculated by comparing the extension in square meters of the urban green areas in the microzone in relation to the number of families residing in the microzones. The I6 indicator was calculated by comparing the extension of the urban green areas with the extension of the microzone. The I7 indicator was calculated taking into account the extension of impermeable soils (squares, road areas, sidewalks etc.), compared to the area of the microzone.

Indic.	Description	Unit of meas.
I1	Built-up area by resident	mq
I2	Percent of the ratio between the extension of built-up areas and the area of the microzone	%
I3	Urban green area by resident	mq
I4	Urban green area by disadvantaged resident	mq
I5	Urban green area by household	mq
I6	Percent of the ratio between the extension of the urban green and the area of the microzone	%
I7	Percent of the ratio between the extension of impermeable soils (squares, road areas, sidewalks etc.) and the area of the microzone	%

Phase 3 - Classification of microzones

In this phase the classification system based on Mamdani's fuzzy rules is applied to each microzone; the input of this phase consists of the values of the indicators calculated in the previous phase; after the fuzzification process, the inference processes and aggregation on fuzzy rules are applied, assigning to the microzone the urban class corresponding to the label of the consequent of the most relevant fuzzy rule. Finally, using the center of gravity method, a defuzzification process is carried out which allows the urban class to be assigned and to determine a degree of reliability of the attribution of the microzone to the urban class.

Phase 4 - creation of homogeneous urban contexts

In this phase adjoint microzones belonging to the same urban class are aggregated to form a homogeneous urban context base on the relationships between urban green density and social and built fabric.

The classes were identified as follows:
class 1 densely urbanized area with no urban green;
class 2 predominantly industrial area with a low presence of urban green;
class 3 urbanized area with minimal presence of urban green;
class 4 urbanized area with urban greenery;
class 5 tourist residential areas with high

presence of urban green.

Output of this phase is the production of a urban contexts thematic map of the study area.

Test results

The proposed framework was tested on the ESRI ArcGIS 10.5 platform in which all spatial analysis processes were implemented; the system based on fuzzy rules, implemented in C++ language, has been encapsulated in the GIS platform.

The thematic map in fig03 shows the I3 indicator that represents the distribution of the public green area in square meters per inhabitant; as can be seen from the map, the areas with low values of the I3 indicator, approximately less than 50 square meters per inhabitant, are mainly located on the coastal area with the highest population density and in the populated neighborhood of Monteruscello.

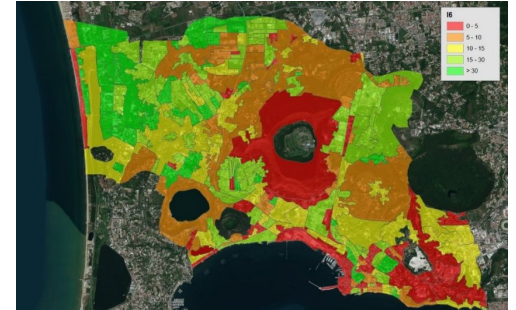


Fig.3 I3 - Urban green area for resident

Fig.4 shows the classification in classes in terms of percentage of urban green cover per microzone.

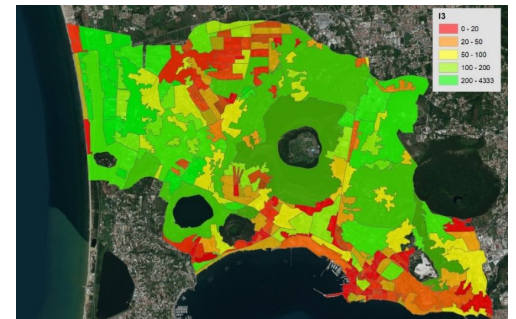


Fig.4 I6 - Extension of the urban green area by microzone

Conclusions

The purpose of this research, was to provide the decision maker with an integrated decision support tool in a GIS platform that allows to analyze how urban green is distributed in relation to the built and the population obtaining a partitioning of the urban area of study in areas appropriately classified based on the use of a set of summary indicators. The innovative aspect of the research consists in the implementation of an unsupervised process of computationally simple classification that allows, starting from the atomic information by microzone, to obtain the thematic representation map of the partitioning of the study area for homogeneous areas by class of type of urban area.

References

[1] Tucci, F. (2017) The "Green" characters of Italy's new National Energy Strategy and its repercussions on the Built Environment | I caratteri Green della nuova Strategia Energetica Nazionale in Italia e le sue ricadute sull'ambiente

Costruito (01a Articolo in rivista),
<http://hdl.handle.net/11573/1093085>

- [2] E.H. Mamdani; Assilian, S. *An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller*. Int. J. Man-Mach. Stud. 1975, 7, 1-13, doi:10.1016/S0020-7373(75)80002-2.
- [3] E.H. Mamdani. *Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis*. IEEE Trans. Comput. 1977, 26, 1182-1191, doi:10.1109/TC.1977.1674779.
- [4] B.Cardone, F. Di Martino, (2018), *A new geospatial model integrating a fuzzy rule-based system in a GIS platform to partition a complex urban system in homogeneous urban contexts*, Geosciences, 2018,8,440; doi:10.3390/geosciences8120440, www.mdpi.com/journal/geosciences.
- [5] A. Belussi; M. Negri; G. Pelagatti, GeoUML (2004) *A Geographic Conceptual Model Defined Through Specialization Of Iso Tc211 Standards*, 10th EC GI & GIS Workshop of ESDI State the Art, Waslaw, Poland - 23-25 June 2004, 10 pp.
- [6] Pelagatti, G., Belussi, A., Negri, M. (2011). *GeoUML Methodology e Tools An Overview, Spatial DB Group Politecnico di Milano - Comitato di Progetto e Struttura tecnica di supporto CISISCPG, 85pp., website: http://geo.spatialdbgroup.polimi.it/index.php?ID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1537364338&hash=b63e5a9996cfe7f7affed72ff1dbb2223e5f9f&file=fileadmin/download/geo/docs/en/GeoUML-Int.pdf*.

omogenee, sono prodotte carte tematiche finali di sintesi che evidenziano la distribuzione delle aree comunali con diverso rapporto tra il verde urbano e l'ambiente sociale e costruito.

Keyword: Verde urbano, contesto urbano, microzona, GIS, sistema di regole fuzzy

Introduzione

In questo studio presentiamo un framework applicativo integrato in una piattaforma GIS di supporto ai decision makers, finalizzato ad un partizionamento di un tessuto urbano complesso in aree urbane omogenee relativamente ai rapporti tra la presenza di verde urbano e la tipologia di tessuto sociale e ambiente costruito. Al fine di rendere le aree urbane più resilienti agli effetti dei cambiamenti climatici, si dovrebbe tenere conto della presenza di verde di tipo pubblico per facilitare l'efficienza energetica nelle aree urbane [1]. L'approccio proposto integra processi di analisi spaziale finalizzati al calcolo di specifici indicatori e un sistema fuzzy rule-based di tipo Mamdani [2]-[3] utilizzato per la classificazione delle aree urbane omogenee; L'area di studio è inizialmente suddivisa in microzone, porzioni omogenee del sistema urbano, che sono gli elementi di riferimento atomici per la raccolta dei dati ISTAT di censimento. Il decision maker seleziona gli indicatori fisici, morfologici, ambientali e socio-economici necessari che caratterizzano il contesto urbano e crea il set di regole fuzzy [4] necessario per

distribuzione nel Comune di diversi contesti omogenei in merito alla densità di verde urbano in rapporto al tipo di tessuto sociale e al costruito.

Il comune di Pozzuoli è suddiviso in 243 microzone cui è riferito il dataset dei dati dell'ultimo censimento ISTAT del 2011.

Utente pilota del framework è stato l'ufficio urbanistica del Comune che, oltre a fornire un insieme di dataset necessari allo svolgimento del test, è stato coinvolto nella selezione degli indicatori e nella creazione del fuzzy rule set.

Il framework e la sua scomposizione in fasi

Il framework proposto si compone di 5 fasi, visualizzate in fig01

Fase 1a - Acquisizione dati

In questa fase è prodotta la riconciliazione dei diversi dataset disomogenei acquisiti dalle varie fonti istituzionali. Tipica attività di riconciliazione riguardano funzionalità geometrico-spaziali quali, ad esempio, la trasformazione e la conversione di dati spaziali vettoriali e raster in un unico sistema di coordinate e la correzione di errori topologici, e funzionalità di data cleaning quali l'eliminazione di errori di digitazione e ridondanze. Successivamente sono create tutte le entità e le loro relazioni. L'output di questa fase è dato dallo spatial database omogeneo dell'area di studio.

I dati necessari per il test sono stati estratti dal database topografico 2011, in scala 1: 5000 fornito dalla Regione Campania in una struttura geotopografica nazionale italiana seguendo il modello di dati InSpire GeoUML [5]-[6].

Il dataset delle microzone (sezioni di censimento) e i dati inerenti la popolazione sono stati forniti dall'ISTAT, l'Istituto nazionale di statistica italiano, l'ente pubblico italiano di ricerca che si occupa di censire ed esamina le loro caratteristiche sociali ed economiche.

L'area di studio è evidenziata in fig02, i limiti delle microzone sono visibili in giallo.

Da questi dati è stato possibile ottenere informazioni sugli edifici e la loro destinazione d'uso, la presenza di verde urbano e la presenza di infrastrutture. Attraverso operazioni di geoprocessing i dati sono stati omogenizzati:

- Estrazione di temi da un set di dati in vari formati;
- Applicazione di operatori spaziali relativi a qualsiasi funzione delle informazioni del tema, inserite come testi di annotazione (ad esempio, il nome della strada assegnato a qualsiasi polilinea di una rete stradale).
- Un'attività di pulizia dei dati nei campi di dati necessari per verificarne l'integrità e la precisione, eliminare i valori anomali e correggere dati e ridondanze incoerenti.

Infine, tutti i temi e le tabelle vengono importati in un database spaziale e viene stabilita la relazione tra loro. Tutti i set di dati sono stati convertiti nel sistema di coordinate piane UTM WGS84 zona 33 N. Gli stessi livelli di dati forniti da diverse fonti di dati sono stati normalizzati e integrati.

Fase 1b - Creazione degli indicatori e del fuzzy rule set

Obiettivo di questa fase è la selezione degli indicatori di sintesi e la creazione del fuzzy rule set. Il decision maker individua quegli indicatori di sintesi necessari a caratterizzare le tipologie di aree urbane e predisporre il set di regole empiriche che consentono di classificare una microzona.

Nel test sono stati selezionati 7 indicatori di sintesi che permettono di tipizzare la microzona in rapporto al verde urbano, al costruito ed alla popolazione residente.

Di seguito si riporta la descrizione dei sei indicatori

Tabella 1 Indicatori

Ind.	Descrizione	Unità di mis.
I ₁	Area edificata per residente	mq

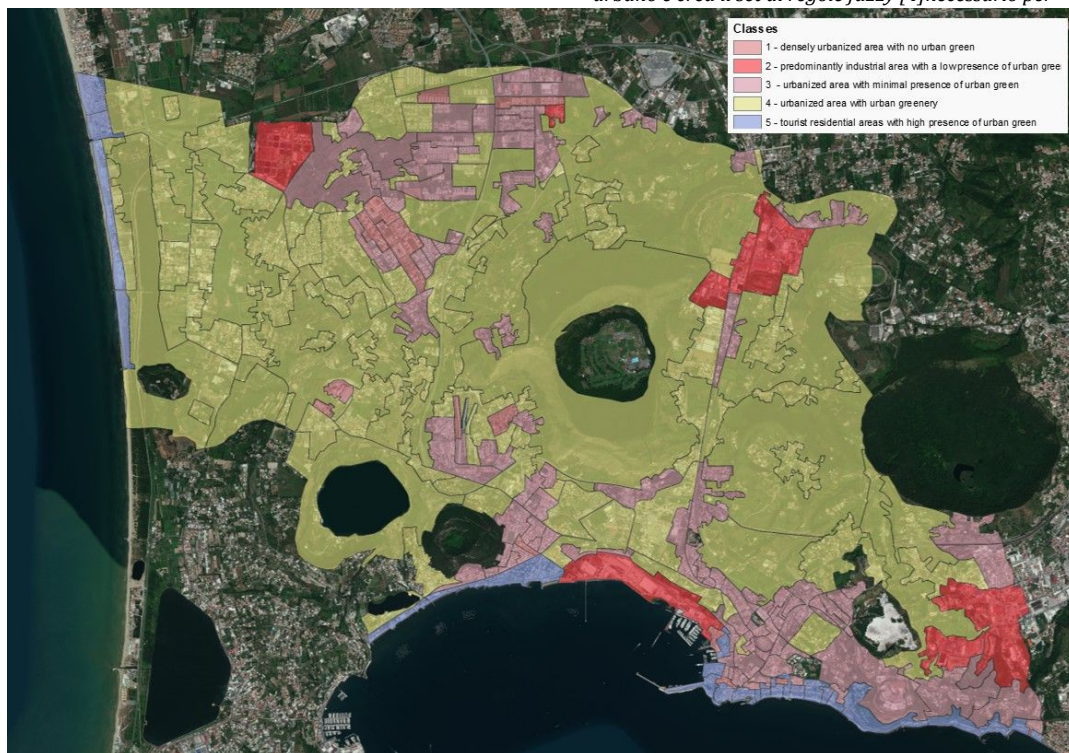


fig05 Classes - Urban contexts thematic map of the study area

USO DI TECNOLOGIE GIS NEL RAPPORTO TRA IL VERDE URBANO E L'AMBIENTE SOCIALE E COSTRUITO DEL COMUNE DI POZZUOLI (NAPOLI)

Sunto.

Noi presentiamo uno studio del rapporto tra le aree verdi alle dimensioni e le caratteristiche della popolazione e del costruito nel comune di Pozzuoli, in provincia di Napoli. Tale studio è compiuto con l'ausilio di tecnologia GIS e metodi evoluti di analisi spaziale ed è composto da una fase di preprocessing di raccolta e riconciliazione dei dati disponibili presso le diverse fonti informative (aerofotogrammetria comunale, ultimo censimento ISTAT, database topografico, open StreetMap, ecc.) e da una fase successiva di elaborazione e di calcolo di specifici indicatori di valutazione del rapporto tra il verde urbano e l'ambiente sociale e costruito. Mediante processi di classificazione e di aggregazione di microzone

classificare le microzone in riferimento al tipo di contesto urbano. L'aspetto innovativo della ricerca è costituito dall'implementazione di un processo unsupervised di classificazione che consente, mediante una modalità user-oriented di creazione del fuzzy rule-set, di ottenere la mappa tematica di rappresentazione del partizionamento dell'area di studio per aree omogenee relativamente alla presenza di verde urbano e alla tipologia di tessuto sociale e costruito.

L'area di studio

L'area di studio selezionata per il test del framework proposto è il Comune di Pozzuoli (Napoli, Italia). Il comune di Pozzuoli è composto da una molteplicità di aree urbane di diversa tipologia, quali aree industriali, zone residenziali moderne, centro storico e aree a vocazione turistiche. La presenza di colline vulcaniche all'interno dell'area comunale ha permesso lo sviluppo urbano, principalmente al di sotto di esse e verso le aree costiere. È interessante studiare come i diversi contesti nel Comune sono distribuiti in relazione alle sue diverse caratteristiche naturali, sociali e urbane; in particolare, il test è stato focalizzato sulla

I_2	Rapporto percentuale tra l'estensione delle aree edificate e l'area della microzona	%
I_3	Area verde urbana per residente	m ²
I_4	Area verde urbana per residente di fascia debole	m ²
I_5	Area verde urbana per nucleo familiare	m ²
I_6	Rapporto percentuale tra l'estensione del verde urbano e l'area della microzona	%
I_7	Rapporto percentuale tra l'estensione delle aree al suolo impermeabili (aree stradali, piazze, ecc.) e l'area della microzona	%

Fase 2 – Calcolo dei valori degli indicatori

In questa fase sono implementate le funzionalità di calcolo degli indicatori per tutte le microzone. Nel test, per calcolare l'indicatore I_1 è stata presa in considerazione l'estensione di tutto il costruito localizzato nella microzona; essa è stata rapportata al numero di residenti nella microzona.

Il calcolo dell'indicatore I_2 è stato compiuto rapportando l'estensione del costruito all'estensione dell'intera microzona.

Per calcolare l'indicatore I_3 è stata presa in considerazione l'estensione delle aree di tipo verde urbano all'interno della microzona, e rapportata successivamente al numero di residenti. Il calcolo dell'indicatore I_4 è stato compiuto rapportando l'estensione complessiva delle aree di verde urbano nella microzona con il numero di residenti di fascia debole considerati come residenti di età minore di 10 anni o superiore di 65 anni.

L'indicatore I_5 è stato calcolato rapportando l'estensione in metri quadri delle aree verdi urbane nella microzona in rapporto al numero di famiglie residenti nelle microzone.

L'indicatore I_6 è stato calcolato rapportando l'estensione delle aree verdi urbane con l'estensione della microzona

L'indicatore I_7 è stato calcolato prendendo in considerazione l'estensione del suolo impermeabile (piazze, aree stradali, marciapiedi ecc.), rapportata all'area della microzona.

Fase 3 – Classificazione delle microzone

In questa fase il sistema di classificazione basato sulle regole fuzzy di Mamdani è applicato ad ogni microzona; l'input di questa fase è costituito dai valori degli indicatori calcolati nella fase precedente; successivamente al processo di fuzzificazione, sono applicati i processi di inferenza sulle regole fuzzy e di aggregazione, assegnando alla microzona la classe urbana corrispondente all'etichetta del conseguente della regola fuzzy maggiormente rilevante. Infine, utilizzando il metodo centro di gravità, è realizzato un processo di defuzzificazione che permette di assegnare la classe urbana e di determinare un grado di affidabilità dell'attribuzione della microzona alla classe urbana.

Fase 4 – creazione di contesti urbani omogenei

In questa fase le microzone adiacenti appartenenti alla stessa classe urbana sono aggregate a formare un contesto urbano omogeneo in relazione ai rapporti tra densità del verde urbano e tessuto sociale e costruito. Le classi sono state così individuate:

- classe 1 area densamente urbanizzata con assenza di verde urbano;
- classe 2 area prettamente industriali con scarsa presenza di verde urbano;
- classe 3 area urbanizzata con scarsa presenza di verde urbano;
- classe 4 area urbanizzata con presenza di verde urbano;
- classe 5 aree residenziali turistiche con elevata presenza di verde urbano.

Risultato della fase è la produzione della mappa tematica dei contesti urbani dell'area di studio.

Risultati del test

Il framework proposto è stato testato sulla piattaforma ESRI ArcGIS 10.5 in cui sono stati implementati tutti i processi di analisi spaziale; il sistema basato sulle regole fuzzy, implementato in linguaggio C++, è stato incapsulato nella piattaforma GIS.

La mappa tematica in figura 3 riporta l'indicatore I_3 che rappresenta la distribuzione della superficie di verde pubblico in m² per abitante; come si può notare dalla mappa, le aree con valori dell'indicatore I_3 basso, approssimativamente minore di 50 m² per abitante, sono situate principalmente sulla fascia costiera a maggior densità abitativa e nel quartiere popolato di Monteruscello.

In figura 4 si riporta la classificazione in classi in termini percentuali della copertura di verde urbano per microzone.

L'obiettivo della ricerca è stato quello di fornire al decision maker uno strumento di supporto decisionale integrato in una piattaforma GIS che consenta di analizzare come è distribuito il verde urbano in rapporto al costruito e alla popolazione ottenendo un partizionamento dell'area urbana di studio in aree opportunamente classificate in base all'utilizzo di un set di indicatori di sintesi. L'aspetto innovativo della ricerca è costituito dall'implementazione di un processo unsupervised di classificazione computazionalmente semplice che consente, a partire dall'informazione atomica per microzona, di ottenere la mappa tematica di rappresentazione del partizionamento dell'area di studio per aree omogenee per classe di tipologia di area urbana.

In figura 5 si riporta la mappa di sintesi dei contesti urbani suddivisi in cinque classi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Tucci, Fabrizio - 2017 - The "Green" characters of Italy's new National Energy Strategy and its repercussions on the Built Environment | I caratteri Green della nuova Strategia Energetica Nazionale in Italia e le sue ricadute sull'ambiente Costruito (01a Articolo in rivista), <http://hdl.handle.net/11573/1093085>
- [2] E.H. Mamdani; Assilian, S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *Int. J. Man-Mach. Stud.* 1975, 7, 1-13, doi:10.1016/S0020-7373(75)80002-2.
- [3] E.H. Mamdani. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. *IEEE Trans. Comput.* 1977, 26, 1182-1191, doi:10.1109/TC.1977.1674779.
- [4] B.Cardone, F. Di Martino, (2018), A new geospatial model integrating a fuzzy rule-based system in a GIS platform to partition a complex urban system in homogeneous urban contexts, *Geosciences*, 2018,8,440; doi:10.3390/geosciences8120440, www.mdpi.com/journal/geoscience.
- [5] A. Belussi; M. Negri; G. Pelagatti, *GeoUML: A Geographic Conceptual Model Defined Through Specialization Of Iso Tc211 Standards*, 10th EC GI & GIS Workshop of ESDI State the Art, Waslaw, Poland - 23-25 June 2004, 2004, 10 pp.
- [6] G. Pelagatti; A. Belussi; M. Negri, *GeoUML Methodology e Tools An Overview*, Spatial DB Group Politecnico di Milano - Comitato di Progetto e Struttura tecnica di supporto CISISCPG, 2011, 85pp., website: http://geo.spatialdbgroup.polimi.it/index.php?ID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1537364338&hash=b63e5a9996cfe7f7affed72ff1dbb2223e5f9f&file=fileadmin/download/geo/docs/en/GeoUML-Int.pdf.