Consumo di suolo: analisi e sperimentazione di soglie funzionali

Cristina Montaldi
Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile-Architettura e Ambientale
cristina.montaldi@graduate.univaq.it

Gianni Di Pietro
Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile-Architettura e Ambientale
gianni.dipietro@graduate.univaq.it

Bernardino Romano
Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile-Architettura e Ambientale
bernardino.romano@univaq.it

Francesco Zullo
Università degli Studi dell'Aquila
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile-Architettura e Ambientale
francesco.zullo@univaq.it

Abstract
La difficile questione dell'arresto del consumo di suolo è ancora oggi lontana dall'essere risolta. Anche se il problema è ormai noto e la questione è di primaria importanza nell'Agenda Politica Europea, nelle regioni italiane la definizione di consumo di suolo non è univoca e le modalità indicate per il contenimento e il monitoraggio appaiono spesso prive di fondamenta scientifiche. Il problema maggiormente sollevato dalla comunità internazionale è la non proporzionalità tra la variazione dell'urbanizzato e le dinamiche demografiche. A testimonianza di ciò l'Agenda 2030 ha sviluppato l'indice "*Ratio of land consumption rate to population growth rate*" (LCRPGR) che si prefigge di monitorare il rapporto tra l'entità della crescita delle superfici urbane e la demografia, allo scopo di agganciare l'eventuale crescita alle sole dinamiche demografiche positive. La corretta individuazione di valori soglia appare oggi una soluzione perseguibile per il raggiungimento degli obiettivi prefissati a livello comunitario ed il lavoro proposto rappresenta un primo esercizio in questo senso. La comparazione dell'indice LCRPGR con indici consolidati della letteratura scientifica (sia di qualità della vita sia di analisi configurazionale degli spazi urbani) potrebbe fornire utili indicazioni. Il confronto viene eseguito alla scala provinciale e la scelta di questa dimensione amministrativa è legata al fatto che questa è contraddistinta da una certa omogeneità di caratteri, consente una migliore flessibilità e gestione strategica rispetto, ad esempio, a quella comunale che risulterebbe troppo capillare ed esposta a distorsioni locali.

Parole chiave: planning, land use, urbanization

Introduzione

Questo articolo rappresenta un esperimento condotto su alcuni indicatori relativi alla conversione urbana del territorio e alle dinamiche demografiche, concentrandosi in particolare sul parametro 11.3.1, "Ratio of land consumption rate to population growth rate" (LCRPGR), introdotto dall'Agenda Globale delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Sostenibile del 2015 per il controllo dell'urbanizzazione nello scenario 2030 che pone certamente significative questioni tecnico-scientifiche per la sua attuazione operativa e legislativa (Colglazier, 2015; Bexell and Jonsson, 2017; Hepp et al., 2019; Arora & Mishra, 2019). Nel 2015, l'Agenda globale delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile ha introdotto gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) e ha indicato alcuni obiettivi di particolare interesse da integrare a breve in programmi nazionali e a medio termine da realizzare entro il 2030 (Leal Filho et al., 2018; Schiavina et al., 2019; Aquilino et al., 2020). Un obiettivo riguarda specificamente la limitazione del consumo di suolo in relazione alla crescita della popolazione. La difficile questione dell'arresto del consumo di suolo è ancora oggi lontana dall'essere risolta. Anche se il problema è ormai noto e la questione è di primaria importanza nell'Agenda Politica Europea, in Italia ancora non è definita una legge quadro nazionale mentre il panorama delle leggi regionali vigenti appare

Formato E., Vingelli F. (a cura di, 2024), Strumenti per il governo del valore dei suoli, per un progetto equo e non-estrattivo,
Atti della XXV Conferenza Nazionale SIU "Transizioni, giustizia spaziale e progetto di territorio", Cagliari, 15-16 giugno 2023, vol. 09,
Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Roma-Milano | 978-88-99237-63-9

estremamente diversificato e complesso. La definizione di consumo di suolo non è univoca e le modalità indicate per il contenimento oltre che per il monitoraggio appaiono spesso prive di basi scientifiche. Non poche leggi regionali hanno infatti iniziato ad inserire dei valori soglia (talvolta dei range) da rispettare ma non è noto il principio che ha condotto alla individuazione di quei valori numerici. Il problema maggiormente sollevato dalla comunità internazionale è la non proporzionalità tra la variazione delle superfici urbanizzate e quella di popolazione. Nello specifico, viene criticato l'incremento incondizionato delle superfici urbanizzate e contestualmente la decrescita o stabilità delle dinamiche demografiche, questo perché tale discrepanza è indice di forte insostenibilità delle attuali tendenze trasformative. A testimonianza di ciò l'Agenda 2030 ha sviluppato, nell'ambito del raggiungimento del target 11.3 uno specifico indice il "*Ratio of land consumption rate to population growth rate*" (LCRPGR) che si prefigge di monitorare il rapporto tra l'entità della crescita delle superfici urbane e la demografia, allo scopo di verificare la proporzionalità tra la crescita delle parti urbanizzate e le reali dinamiche demografiche che si rinvengono sul territorio. La corretta individuazione di valori soglia appare oggi una soluzione perseguibile per il raggiungimento degli obiettivi prefissati a livello comunitario. A tale scopo quindi, il lavoro proposto rappresenta un primo esercizio in questo senso. La comparazione dell'indice LCRPGR con indici consolidati della letteratura scientifica (sia di qualità della vita sia di analisi configurazionale degli spazi urbani) potrebbe fornire utili indicazioni nella direzione della corretta e scientifica individuazione dei valori soglia. Il raffronto viene effettuato alla scala provinciale e la scelta di questa dimensione amministrativa è legata al fatto che questa è contraddistinta da una certa omogeneità di caratteri, consente una migliore flessibilità e gestione strategica rispetto, ad esempio, a quella comunale che risulterebbe troppo capillare ed esposta a distorsioni locali. Al contrario la dimensione regionale comprenderebbe realtà territoriali tra loro disomogenee e poco riconducibili a standard comuni.

Materiali e metodi

Questo lavoro ha chiesto l'integrazione di dati di diversa natura. L'estensione territoriale di riferimento è quella provinciale, il dato vettoriale utilizzato unitamente a quelli demografici (anni di riferimento 2021 e 2022) sono reperibili presso il portale dell'Istat (https://www.istat.it/). Per tutte le province non sono state considerate le isole minori. Il consumo e l'uso del suolo sono dati reperibili presso il SINA Sistema Informativo Ambientale Nazionale (https://groupware.sinanet.isprambiente.it/). Gli anni di riferimento considerati sono il 2021 e 2022. Entrambi sono dati raster con una risoluzione spaziale di 10 m elaborati da ISPRA sulla base dei dati del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA). Il riferimento per i dati citati è il mese di maggio ±2 mesi di ogni anno. I dati derivano da fotointerpretazione di orto immagini ad alta risoluzione.

Le elaborazioni relative al consumo di suolo sono state effettuate considerando le classi riportate in Tabella I, per l'uso del suolo sono state invece considerate le classi "Urbano e aree assimilate" e "Cave e miniere".

Tabella I | Classi di consumo di suolo utilizzate nelle elaborazioni

Codice	**Descrizione**
1	Suolo Consumato
11	Suolo Consumato Permanente
12	Suolo Consumato Reversibile
111	Edifici, fabbricati, capannoni
114	Aeroporti
115	Porti
116	Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate
117	Serre permanenti pavimentate
118	Discariche
125	Campi fotovoltaici a terra

Nella trattazione sono stati utilizzati diversi indici, tra cui il "*Ratio of land consumption rate to population growth rate*" (LCRPGR) e l'indice di Moran. Tutti gli indici sono riportati in Tabella II.

L'indice di Moran per il consumo di suolo e per ogni provincia italiana è stato calcolato secondo la formulazione riportata in Tabella II utilizzando Tool Global Moran's I for Grids di SAGA-GIS (V.7.8.2) e scegliendo "Queen" come tipologia di continuità spaziale (Loyd, 2010)

La formulazione dell'indice LCRPGR è riportata in Tabella II. Essendo questo indice misurabile solo in presenza di dinamiche demografiche positive, è stata altresì proposta una nuova versione che cerca di superare tale problematica (3).

Tabella II | Formulazioni degli indici utilizzati

Indice			**Dati utilizzati (Anno di riferimento)**
Indice di Moran			
$M = \frac{N \sum_i \sum_j W_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i \sum_j W_{ij} \sum_i (x_i - \bar{x})^2}$	(1)	N = numero di oggetti; i,j = i due oggetti $C_{ij} = (x_i - x)\ (x_j - x)$ = grado di somiglianza tra gli attributi i e j W_{ij} = grado di somiglianza delle posizioni i e j	Consumo del suolo (2021)
Ratio of land consumption rate to population growth rate			
$LCRPGR = \frac{\frac{LC_{t+n} - LC_t}{LC_t} * \frac{1}{y}}{\frac{ln\left(\frac{Pop_{t+n}}{Pop_t}\right)}{y}}$	(2)	LC_t = suolo consumato anno iniziale [km²]; LC_{t+n}= suolo consumato anno corrente [km²]; Pop_t = popolazione per l'anno iniziale; Pop_{t+n} = popolazione anno corrente; y = n. anni tra l'anno iniziale e l'anno corrente.	Consumo del suolo (2020 e 2021) Popolazione (2021 e 2022)
Ratio of land consumption rate to population growth rate - modificato			
$LCRPGRm = \frac{\frac{LC_{t+n} - LC_t}{LC_t} * \frac{1}{y}}{\frac{ln\left(abs\left(\frac{Pop_{t+n}}{Pop_t}\right)\right)}{y}}$	(3)		
Demo land-take variation			
$DLTV = \frac{LC_{t+n} - LC_t}{Pop_{t+n} - Pop_t}$	(4)		

Al fine di valutare una possibile correlazione tra gli indici proposti e la qualità della vita, sono state analizzate due classifiche elaborate per il territorio nazionale alla scala provinciale: quella redatta annualmente dal giornale economico-politico-finanziario "Il Sole 24 Ore" e quella curata dal quotidiano economico-giuridico-politico ItaliaOggi in collaborazione con l'Università la Sapienza di Roma. Per entrambe le classifiche si è fatto riferimento agli anni 2021 e 2022.

La classifica sulla qualità della vita de "Il Sole 24 Ore" viene condotta dal 1990 (https://lab24.ilsole24ore.com/qualita-della-vita/)e, ad oggi, considera 90 indicatori, suddivisi nelle seguenti sei macrocategorie tematiche (ciascuno composto da 15 indicatori):

1. ricchezza e spese;
2. affari e lavoro;
3. ambiente e servizi;
4. demografia e salute;
5. giustizia e sicurezza;
6. cultura e tempo libero.

La classifica di "ItaliaOggi" (https://www.italiaoggi.it/qualita-vita) giunta per il 2022 alla ventiquattresima edizione si articola su 92 indicatori di base riguardanti nove dimensioni d'analisi:

1. affari e lavoro;
2. ambiente;
3. istruzione e formazione;
4. popolazione;
5. reati e sicurezza;
6. reddito e ricchezza;
7. sicurezza sociale;

8. sistema salute
9. tempo libero.

Risultati

Questo studio si pone in continuità con lavori precedenti (Romano et al., 2022, Romano et al., 2023) che hanno indagato la possibile correlazione tra la qualità della vita e l'indice LCRPGR dell'Agenda 2030. Il calcolo di questo indice per il 2021 ha messo in evidenza come solo 10 province su 107 abbiano registrato una variazione di popolazione positiva tra il 2021 e il 2022. L'LCRPGR per queste 10 province assume un valore medio di 4,52 valore questo minore rispetto a quello misurato per le altre cronosezioni (Romano et al., 2022, Romano et al., 2023). Questo esiguo numero di province rappresenta un campione statisticamente non rilevante ai fini degli obiettivi prefissati. Per tali ragioni è stata proposta una correzione dell'indice in maniera da considerare anche dinamiche demografiche negativa, inserendo un valore assoluto all'intero della funzione logaritmica (Tabella II eq. (3)). I risultati a seguito della modifica mostrano un valore di LCRPGR medio pari a -2,25 per le 97 province con popolazione decrescente nel periodo indagato. Come riportato in Tabella III il valore del coefficiente di correlazione tra LCRPGR modificato e la classifica de "il Sole 24 Ore" ha R^2 = 0,0021, valore più basso rispetto a quello individuato per la classifica di ItaliaOggi in cui R^2 assume un valore di 0,0117. Effettuando questa stessa analisi per quartili risulta che la correlazione tra l'indice e la classifica de "Il Sole 24 ore" è più forte rispetto a quella individuata per la classifica elaborata da "ItaliaOggi" in cui i coefficienti di correlazione assumono valori più bassi. Viste le limitazioni dell'indice LCRPGR intrinseche alla sua stessa formulazione, si è optato per l'utilizzo dell'indice DLTV. Tale indice, è una riformulazione dell'indice DUC/DUI indice consolidato della letteratura (Romano & Zullo, 2014) la cui formulazione individua la variazione dell'urbanizzato tra due cronosezioni in relazione alla variazione di popolazione nello stesso periodo. In questo caso viene valutata non la variazione della superfice urbanizzata ma il suolo consumato. La formulazione è indicata in Tabella II eq. (4). Per tale indice si è cercata una eventuale correlazione con la variazione posizionale delle province nelle due classifiche sulla qualità della vita tra le due cronosezioni considerate (2021 e 2022). È risultato che sul totale analizzato la correlazione è più forte per la classifica del "Il Sole 24 Ore" e per il secondo e terzo quartile del campione. Nello specifico, ciò che si rileva è una variazione positiva della posizione in classifica lì dove è incrementato l'indice DLTV.

Tabella III | Valori dei coefficienti di determinazione

		1° quartile	2° quartile	3° quartile	4° quartile	Totale campione
Classifica "Il Sole 24 ore"	LCRPGRm	0,061	0,181	0,017	0,123	0,010
	DLTV	0,067	0,076	0,186	0,002	0,051
	Moran	0,096	0,0001	0,147	0,00004	0,043
Classifica "ItaliaOggi"	LCRPGRm	0,067	0,039	0,0001	0,064	0,009
	DLTV	0,128	0,010	0,006	0,014	0,017
	Moran	0,002	0,004	0,046	0,109	0,053

Un'altra valutazione ha riguardato la configurazione spaziale del consumo di suolo avvenuto nel periodo indagato (sempre incrementale per tutte le province italiane), utilizzando l'indice di Moran ed in particolare le variazioni misurate dell'indice nel periodo indagato. Nello specifico, dalla valutazione della variazione di questo indice è emerso che solo 19 province su 107 hanno visto un incremento dell'indice di Moran ad indicare una crescita del consumo di suolo avvenuta con diminuzione del grado di dispersione. In generale, si rileva un decremento dell'indice di Moran tra il 2020 e il 2021, a significare che l'incremento del consumo di suolo è avvenuto in maniera dispersa. Relativamente alla possibile correlazione tra la qualità della vita e l'indice di Moran, risulta un valore di correlazione basso per tutti i quartili e per entrambe le classifiche analizzate. I valori più elevati si registrano per la classifica de "Il Sole 24 Ore" per il terzo quartile e per la classifica di "ItaliaOggi" per il quarto quartile. Per quest'ultima il valore di R^2 cresce dal primo al quarto

quartile ad indicare l'esistenza di una correlazione crescente, seppur debole, tra la variazione della posizione in classifica e la crescita del suolo consumato con incremento del grado di dispersione.

Discussione e conclusioni

L'indice LCRPGR introdotto dall'ONU presenta diversi punti deboli che richiedono una calibrazione: così come formulato, l'indice si traduce nel rapporto tra il tasso di cambiamento urbano e il tasso di crescita della popolazione nello stesso periodo di tempo. Possiamo ipotizzare che il numeratore sarà sempre positivo (almeno nell'attuale situazione italiana, le superfici urbanizzate possono solo aumentare o restare invariate) e in questo caso variazioni negative dell'indice sono legate al solo declino della popolazione anche con un numeratore costante. Pertanto, il campionamento LCRPGR ha senso solo nel campo dei valori positivi delle dinamiche demografiche al fine di identificare necessariamente soglie dipendenti dal territorio da includere nei regolamenti urbanistici regionali/comunali. Se invece non si registra alcuna variazione demografica, il rapporto al denominatore assume valore *1*, *ln* diventa quindi uguale a *0* e l'indice in questo caso è indeterminabile. L'indice è pari a zero se le aree edificate non sono cresciute, mentre aumenta quanto più la crescita urbana supera la variazione demografica. Inoltre, l'indice è solo quantitativo e non configurazionale, e quindi non tiene conto della distribuzione spaziale di aree edificate di pari dimensioni. Come è ormai noto, questo attributo è a volte più importante della quantità (Filpa & Romano, 2003; Lv et al., 2012; Chen et al., 2014; Ewing & Hamidi, 2015; Salata et al., 2017; Manganelli et al., 2020; Ronchi et al., 2020; Saganeiti et al., 2021; Cutini et al., 2019; Fiorini et al., 2019).

Le tappe per identificare set di indicatori per misurare/monitorare la dinamica dei fenomeni che hanno effetti ambientali aiutano certamente a raggiungere risultati diagnostici e prognostici sui livelli di occorrenza e sul tasso di variazione. Tuttavia, è anche necessario fissare valori di soglia (cut-off) per la gravità delle azioni sui sistemi considerati, cercando di distinguere tra i loro vari gradi di resilienza fino a condizioni di stress irreversibile. Questi valori soglia sono essenziali per giustificare una legislazione efficace per controllare/frenare/invertire gli effetti irreversibili del consumo di suolo. Possono essere ottenuti solo affrontando complesse questioni di calibrazione e campionamento al fine di correlare il parametro di misurazione di un fenomeno con i suoi effetti indesiderati su fattori ambientali, individui e comunità. In altre parole, si tratta di elaborare procedure di clustering per i valori degli indicatori che colleghino intervalli di valori con effetti verificabili (Greenacre, 1988; Kim et al., 2017; Cai et al., 2020). Ciò è abbastanza semplice quando questi ultimi sono espressi oggettivamente attraverso percezioni, disturbi o esiti patologici (ad esempio, gradi di rumore, inquinamento, illuminazione), ma è molto più impegnativo quando questi effetti riguardano forme/layout/strutture le cui conseguenze negative si osservano a medio o lungo termine o, peggio, quando la soggettività prevale sull'oggettività nel determinare gli aspetti dannosi del fenomeno in questione. Il protocollo di Kyoto del 1997 (entrato in vigore nel 2005) è un esempio di applicazione delle soglie. Ha impegnato i paesi firmatari a una riduzione quantitativa delle emissioni di gas a effetto serra (i gas climalteranti responsabili del riscaldamento globale) rispetto ai loro livelli di emissione del 1990 (baseline). Ciò dimostra che non si trattava di obiettivi impossibili e che i paesi che volevano investire in un'economia a basse emissioni di carbonio hanno facilmente raggiunto risultati di alto livello con effetti positivi a catena sulle loro economie nazionali. (Böhringer, 2003; Böhringer & Vogt, 2003; Iwata & Okada, 2014). Ovviamente si può fissare una soglia di riferimento per ogni indicatore, e quindi per ogni fenomeno correlato, ma ciò richiede un approfondito studio tecnico-disciplinare che coinvolga molti elementi di complessità. A questo proposito la letteratura scientifica internazionale non è ancora in grado di fornire riferimenti di sufficiente affidabilità e portata, trattandosi di una tipica applicazione di ingegneria degli indicatori. (Fiorini et al., 2019; Mantey & Pokojski, 2020). L'indice LCRPGR è espressamente utilizzato per monitorare e controllare gli strumenti di pianificazione locale, in particolare dalle autorità responsabili dell'approvazione di tali piani. Da qui la necessità di includere valori soglia nei regolamenti, affrontando la complessa questione della taratura e del campionamento al fine di correlare un parametro di misurazione del fenomeno ai suoi effetti negativi/dannosi sugli aspetti ambientali e socioeconomici. Nel caso di aree con tendenze demografiche positive, l'indice LCRPGR è certamente fattibile. Tuttavia, nel caso opposto, è necessario utilizzare altri parametri per cogliere diversi processi in corso, come quelli economici o sociali, al fine di sottolineare credenziali disaccoppiate da un semplice indice di cambiamento demografico che potrebbe, in alcuni casi, essere semplicistico e limitante. Tuttavia, bisogna riflettere sul significato troppo limitato delle semplici dinamiche demografiche per rappresentare le credenziali di sviluppo di un'area, senza entrare nelle caratteristiche economiche e nelle risposte che la componente sociale ha espresso verso direzioni progettuali finalizzate allo sviluppo urbano. L'aumento o la diminuzione della popolazione in un'area sono quindi certamente parametri cruciali per comprenderne la condizione, ma non possono essere

considerati gli unici indicatori per influenzare obiettivi e decisioni programmatiche. Per tali ragioni si è proposto di introdurre indici come quello di Moran, che permettono di valutare anche la cruciale questione configurazionale delle trasformazioni territoriali. Questa ricerca ha tra gli obiettivi futuri quello di individuare possibili correlazioni tra specifici aspetti di analisi (ambientale, economico, demografico) al fine di identificare quelli che sono maggiormente influenzati dalla entità dell'urbanizzato e dalle configurazioni spaziali da esso assunte e di individuare in questo modo i valori soglia in grado di condizionare le specifiche componenti socio-economico-ambientali.

Attribuzioni

Concettualizzazione: B.R.; Metodologia B.R. e F.Z.; Gestione dei dati: C.M. e G.D.P.; Supervisione, B.R. e F.Z. redazione bozza originale C.M. e G.D.P.

Riferimenti bibliografici

Aquilino, M., Tarantino, C., Adamo, M., Barbanente, A., Blonda, P. (2020), "Earth Observation for the Implementation of Sustainable Development Goal 11 Indicators at Local Scale: Monitoring of the Migrant Population Distribution", in *Remote Sensing*, no.6, vol. 12, 950.

Arora, N.K., Mishra, I. (2019), "United Nations Sustainable Development Goals 2030 and environmental sustainability: race against time", in *Environ. Sustain.*, no. 4, vol. 2, pp. 339–342.

Bexell, M., Jönsson, K. (2017), "Responsibility and the United Nations' Sustainable Developmente Goals", in *Forum for Development Studies*, Routledge, vol.44., pp 13-29.

Böhringer, C. (2003), "The Kyoto protocol: A review and perspectives", in *Oxford Review of Economic Policy*, no. 3, vol. 19, pp. 451–466.

Böhringer, C., Vogt, C. (2003), "Economic and environmental impacts of the Kyoto Protocol", in *Can. Jour. Econ./Rev. Can,* d'économique, no. 2, vol. 36, pp. 475–496.

Cai, J., Wei, H., Yang, H., Zhao, X. (2020), "A novel clustering algorithm based on DPC and PSO", in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 88200–88214.

Chen, Z., Xu, B., Devereux, B. (2014), "Urban landscape pattern analysis based on 3D landscape models", in *Appl. Geogr.*, vol. 55, pp. 82-91.

Colglazier, W. (2015), "Sustainable development agenda: 2030", in *Science*, no. 6252, vol. 349, pp. 1048–1050.

Cutini, V., Di Pinto, V., Rinaldi, A.M., Rossini, F., (2019), "Informal Settlements Spatial Analysis Using Space Syntax and Geographic Information Systems", in *International Conference on Computational Science and ITS Application, Springer, Cham*, vol. 11621, pp. 343-356.

Ewing, R., Hamidi, S. (2015), "Compactness versus Sprawl: A Review of Recent Evidence from the United States, in *J. Plan. Lit.*, no. 4, vol. 30, pp. 413-432.

Filpa, A., Romano, B. (2003), "*Pianificazione e reti ecologiche", Planeco*, 300 p., Gangemi Ed., Roma.

Fiorini, L., Marucci, A., Zullo, F., Romano, B. (2019), "Indicator engineering for land take control and settlement sustainability", in *WIT Transaction on Ecology and the Environment*, vol. 217. WIT Press, pp. 437-446.

Greenacre, M.J., (1988), "Clustering the rows and columns of a contingency table", in *J. Class.*, vol. 5, pp. 39-51.

Hepp, P., Somerville, C., Borish, B. (2019), "Accelerating the United Nation's 2030 Global Agenda: Why Priorization of the Gender Goal is Essential", in *Global Policy*, no. 4, vol. 10, pp. 677-685.

Iwata, H., Okada, K. (2014), "Greenhouse gas emission and the role of the Kyoto Protocol" in *Environ. Econ. Policy Stud.*, no 4, vol. 16, pp. 325-342.

Kim, B., Kim, J., Yi, G. (2017), "Analysis of Clustering Evaluation Considering Features of Item Response Data Using Data Mining Technique for Setting Cut-Off Scores", in *Symmetry*, no. 5, vol. 9, 62.

Leal Filho, W., Azeteiro, U., Alves, F., Pace, P., Mifsud, M., Brandli, L.,Caeiro,S.S.,Disterheft, A. (2018), "Reinvigoranting the sustainable development research agenda: the role of the sustainable development goals (SDG)", in *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, no. 2, vol. 25, pp. 131–142.

Lloyd C. (2010), "Spatial Data Analysis: An Introduction for GIS Users". Oxford University Press, 206 p.

Lv, Zq., Dai, Fq., Sun, C. (2012), "Evaluation of urban sprawl and urban landscape pattern in a rapidly developing region", in *Environ Monit Asses*, no. 10, vol. 184, pp. 6437–6448.

Manganelli, B., Murgante, B., Saganeiti, L. (2020), "The Social Cost of Urban Sprinkling", in *Sustainability*, no. 6, vol. 12, 2236.

Mantey, D., Pokojsky, W. (2020), "New indicators of spatial chaos in the context of the need for retrofitting suburbs", in *Land*, no. 8, vol. 9, 276.
Romano, B., Zullo, F. (2014), "Land urbanization in Central Italy: 50 years of evolution", in *Journal of Land Use Science*, no. 2, vol. 9, pp. 143-164.
Romano, B., Zullo, F., Saganeiti, L., Montaldi, C. (2022), "Controllo integrato delle dinamiche urbane e demografiche: un complesso problema di cut-off", in Ardiciacono A., Di Simine D., Ronchi S., Salata S. (a cura di), "*Consumo di suolo, servizi ecosistemici e green infrastructures", Rapporto 2022*, INU Edizioni, Roma, pp. 63-71.
Romano, B., Zullo, F., Saganeiti, L., Montaldi, C. (2023), "Evaluation of cut-off values in the control of land take in Italy towards the SDGs 2030", in *Land Use Policy*, vol. 130, 106669.
Ronchi, S., Arcidiacono, A., Pogliani, L. (2020), "Integrating green infrastructure into spatial planning regulations to improve the performance of urban ecosystems. Insights from an Italian case study", in *Sust. Cities Soc*, vol. 53, 101907.
Saganeiti, S., Mustafa, A., Teller, J., Murgante, B. (2021), "Modeling urban sprinkling with cellular automata" in *Sust. Cities Soc.*, vol. 65, 102586.
Salata S., Ronchi, S., Arcidiacono, A. (2017), "Mapping air filtering in urban areas. A Land Use Regression model for Ecosystem Services assessment in planning", in *Ecosystem Services*, vol. 28, part C, pp. 341-350.
Schiavina, M., Melchiorri, M., Corbane, C., Florczyk, A.J., Freire, S., Pesaresi, M., Kemper, T. (2019), "Multi-scale estimation of land use efficiency (SDG 11.3.1) across 25 years using global open and free data", in *Sustainability*, no. 20, vol. 11, 5674.