

*Towards a New Integrated Spatial Decision Support  
System in Urban Context*

# VERSO NUOVI MODELLI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI CONTESTO URBANO

*Sara Torabi Moghadam<sup>a</sup>, Chiara Delmastro<sup>b</sup>, Patrizia Lombardi<sup>a</sup>, Jacopo Toniolo<sup>a</sup>, Stefano P. Corgnati<sup>b</sup>*

*<sup>a</sup>Dipartimento DIST, Politecnico di Torino, Torino, Italia*

*<sup>b</sup>Dipartimento DENERG, Politecnico di Torino, Torino, Italia*

*sara.torabi@polito.it; chiara.delmastro@polito.it; patrizia.lombardi@polito.it; jacopo.toniolo@polito.it; stefano.corgnati@polito.it*

## Abstract

The current growth of urbanization rate indicates that this trend is not going to stop, and therefore, it stresses the necessity of actions for mitigating the local and global pollution. Moreover, most of the actual stock is characterized by low energy performances since it pre-dates the energy regulation. The paper aims at addressing this issue by proposing the integration of Building Simulation (BS) approach, Multi-Criteria Analysis (MCA) methods and Geographic Information System (GIS) tool for developing a new Multi-Criteria Spatial Decision Support System (MC-SDSS) in urban context. The BS of relevant building archetypes allows to identify different resolutions of energy data: hour-by-hour data can be useful for demand-side management or renewable integration while aggregated data can be used for load forecasting and retrofit simulations. The MCA permits choosing between different building renovation alternatives, by considering both qualitative and quantitative criteria. Moreover, the GIS support the method by creating geo-referenced databases. The method purposes in giving a comprehensive view to address the complexity of urban building energy planning; due to its flexibility, it can be applied to several urban areas. Three main phases characterize the study: 1. overview of relevant existing techniques; 2. description of the integrated proposed method; 3. discussion and future application. The method can provide relevant feedbacks for ranking complex design energy options.

**KEY WORDS:** *Geographic Information System (GIS), Building Simulation (BS), Multi-Criteria Spatial Decision Support Systems (MC-SDSS), Urban Energy Planning.*

## 1. Introduzione

L'attuale sviluppo delle aree urbane, accoppiato ad una crescita della popolazione, implica l'attuazione di adeguate strategie di pianificazione per garantire i servizi ai cittadini. Realizzare nuove metodologie per promuovere la decarbonizzazione dei centri abitati è una sfida urgente da affrontare [1, 2].

Secondo Loorbach [3], questa sfida richiede una maggiore collaborazione di professionisti e cittadini nella gestione delle risorse. In Europa ci sono circa 90 casi studio che rappresentano esperienze pilota di transizione energetica sostenibile [4].

Nonostante esista un interesse per la trasformazione energetica urbana, attualmente i contesti politici europei

non sono sufficientemente orientati per facilitare le iniziative locali. In questa fase di transizione, tutti gli stakeholders giocano un ruolo significativo.

In particolare, ricercatori e professionisti dovrebbero sviluppare metodologie e strumenti per fornire indicazioni e supportare i decisori nelle scelte politiche da implementare per raggiungere gli obiettivi ambientali; al contempo l'utente finale dovrebbe avere un ruolo attivo nel modificare i propri atteggiamenti, essendo consapevole del suo ruolo nella comunità.

Nonostante i molti sforzi nel campo della ricerca sui temi di Smart city ed efficienza energetica, non esiste un sistema decisionale appropriato a supportare un processo di pianificazione integrata con un adeguato dettaglio spaziale [5, 6].

## 2. Obiettivi

Il presente studio propone una nuova metodologia integrata per ottenere un *Multi-Criteria Spatial Decision Support System* (MC-SDSS).

Tale metodologia consente di condividere dati eterogenei, elaborarli e definire diverse strategie per:

1. Visualizzare e comprendere il consumo di energia dell'utente finale e il potenziale di ristrutturazione dei suoi edifici; ii. fornire ai decisori informazioni tecniche per implementare le linee guida di pianificazione energetica a breve e lungo termine.

La metodologia di MC-SDSS proposta ambisce a scalare la simulazione energetica dell'edificio dall'individuo all'agglomerato urbano sfruttando le potenzialità degli strumenti GIS e ad analizzare scenari di risparmio energetico attraverso analisi multicriteria (MCA). Tramite gli strumenti GIS, i dati energetici possono essere geo-referenziati. Questo strumento è dunque fondamentale per individuare le aree con maggiori criticità energetiche.

L'articolo è organizzato come segue: la Sezione 3 descrive concisamente lo stato dell'arte dei tre metodi utilizzati; la Sezione 4 presenta la nuova metodologia proposta ed infine la Sezione 5 illustra le conclusioni e discute il concetto di potenziali future applicazioni.

## 3. Stato dell'arte

In questa sezione viene fornita una panoramica relativa allo stato dell'arte dei metodi multi-criteri, con particolare attenzione a quelli integrati al GIS, e delle tecniche di simulazione energetica dell'edificio. L'obiettivo consiste nell'introdurre la teoria di base per poterne comprendere l'integrazione metodologica.

### 3.1. Analisi Multi-criteria (MCA)

Le analisi MCA possono supportare i decisori nel caso di interessi conflittuali, cioè quando si considerano più criteri [7]. In particolare, come approfondito da [8], queste analisi possono contribuire a risolvere i problemi complessi di gestione dell'energia [9] che sono tipicamente soggetti a molte fonti di incertezza, dati eterogenei da confrontare ed analizzare, lunghe tempistiche ed investimenti cospicui, diversi decisori e criteri conflittuali [10, 11]. Il metodo MCA deve essere scelto accuratamente per riflettere gli obiettivi dei decisori. Inoltre, per disporre di risultati affidabili, il metodo deve essere comprensibile e facile da utilizzare [12]. In letteratura, ci sono molte classificazioni di metodi MCA. Secondo [13], gli approcci metodologici possono essere suddivisi in quattro categorie principali: programmazione matematica multi-obiettivo [*Multiobjective Mathematical Programming*]; teoria dell'utilità multi-attributo [*Multiple Attribute Utility*

*Theory*]; relazioni di surclassamento [*Outranking Relations*]; analisi di preferenza per disaggregazione [*Preference Disaggregation Analysis*].

Inoltre, Pohekar e Ramachandran [14] hanno eseguito uno studio relativo ai metodi multi-criteri applicati alla pianificazione energetica sostenibile, classificandoli a seconda delle aree di applicazione.

Da questo studio si osserva che il metodo più diffuso (20%) è l'*Analytical Hierarchical Process* (AHP), seguito da *ELimination Et Choix Traduisant la REalité* (ELECTRE) (15%), e *Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations* (PROMETHEE, 10%). Nel 2009, è stato redatto dal *Department of Communities and Local Government* (DCLG) uno dei testi chiave che fornisce le principali linee guida nel campo MCA [15].

Nonostante esistano numerosi metodi a supporto del processo decisionale, si risente ancora della mancanza di un linguaggio comune tra i diversi attori urbani.

Risolvere questo problema è di fondamentale importanza in quanto le valutazioni territoriali e le opinioni di esperti sono generalmente basate su valori sia quantitativi che qualitativi. Inoltre, l'applicazione di questi metodi richiede una adeguata formazione ed esperienza.

### 3.2. Multi-Criteria Spatial Decision Support Systems (MC-SDSS): integrare GIS e MCA

Nel processo di pianificazione territoriale è fondamentale essere in grado di gestire i dati a livello spaziale [16].

Diversi approcci sono stati sviluppati con l'obiettivo di integrare le variabili ambientali nella pianificazione e progettazione urbana [17]. Brandon e Lombardi [18] hanno classificato questi approcci in base alla loro capacità di affrontare l'intera gestione del ciclo di vita di un progetto urbano. Un elenco di questi metodi e strumenti è previsto anche in Lombardi e Cooper [5].

Questi metodi e strumenti mirano sia agli aspetti tecnici che a quelli spaziali relativi all'ambiente costruito e sono funzionali per guidare il processo di pianificazione/progettazione urbanistica secondo i principi ambientali.

Tuttavia, essi non sono in grado di affrontare le complesse problematiche coinvolte in un processo di pianificazione energetica. Infatti, nonostante gli strumenti e i metodi esistenti siano molto efficienti, per gestire i dati e le informazioni c'è ancora la mancanza di uno strumento in grado di strutturare i problemi con dettaglio spaziale. In questa direzione, l'integrazione e la collaborazione di *Spatial Decision Support System* (SDSS) e multi-criteri appare appropriata per affrontare il problema spaziale energetico [16]. McHarg [19] è stato il primo studioso ad utilizzare le mappe per facilitare le decisioni; questo concetto è stato successivamente sviluppato tramite la diffusione dei software GIS [20].

Gli strumenti GIS supportano la analisi e la gestione dei Big Data offrendo un modello spaziale strutturato secondo diversi layer e dati georeferenziati [21].

La visualizzazione GIS potrebbe essere ulteriormente ampliata per caratterizzare energeticamente il parco edilizio [22, 23].

Diverse tipologie di dati possono essere integrate per disporre di una piattaforma su cui elaborare i diversi scenari a supporto di una pianificazione urbana sostenibile [24, 25]. Di conseguenza, i risultati presentati nelle mappe energetiche urbane sono utili per avere un'ampia panoramica delle prestazioni energetiche delle città [26]. Il processo decisionale più diffuso è stato presentato da Simon [27], ed è poi stato adattato al caso di pianificazione territoriale da Sharifi e Rodriguez [28]. Il processo decisionale è diviso in quattro fasi: intelligence, design, choice e review. La fase di Intelligence analizza il contesto decisionale per identificare le criticità e le opportunità

per quei problemi che necessitano di una decisione. La fase di design fornisce e genera le possibili analisi alternative; essa si basa sulla comprensione del problema ed utilizza modelli appropriati per verificare la fattibilità delle alternative. La fase di design prevede la standardizzazione e la pesatura di tutti i fattori considerati nell'analisi. Nella fase di choice, le alternative più vantaggiose saranno selezionate tra quelle disponibili. La fase conclusiva di review rivaluta le fasi precedenti tenendo conto delle esperienze passate e dei relativi feedback. La Figura 1 [vedi Fig. 1] illustra il processo di MC-SDSS [29]. Il diagramma di flusso [vedi Fig. 1] si riferisce al modello introdotto da Simon [27] che si basa su quattro fasi decisionali. Si osserva che gli strumenti GIS giocano un ruolo significativo nella fase iniziale, mentre nelle fasi successive sono le tecniche multi-criteriali a prevalere. Un'analisi dettagliata dello stato dell'arte del processo MC-SDSS si trova in [16, 30].

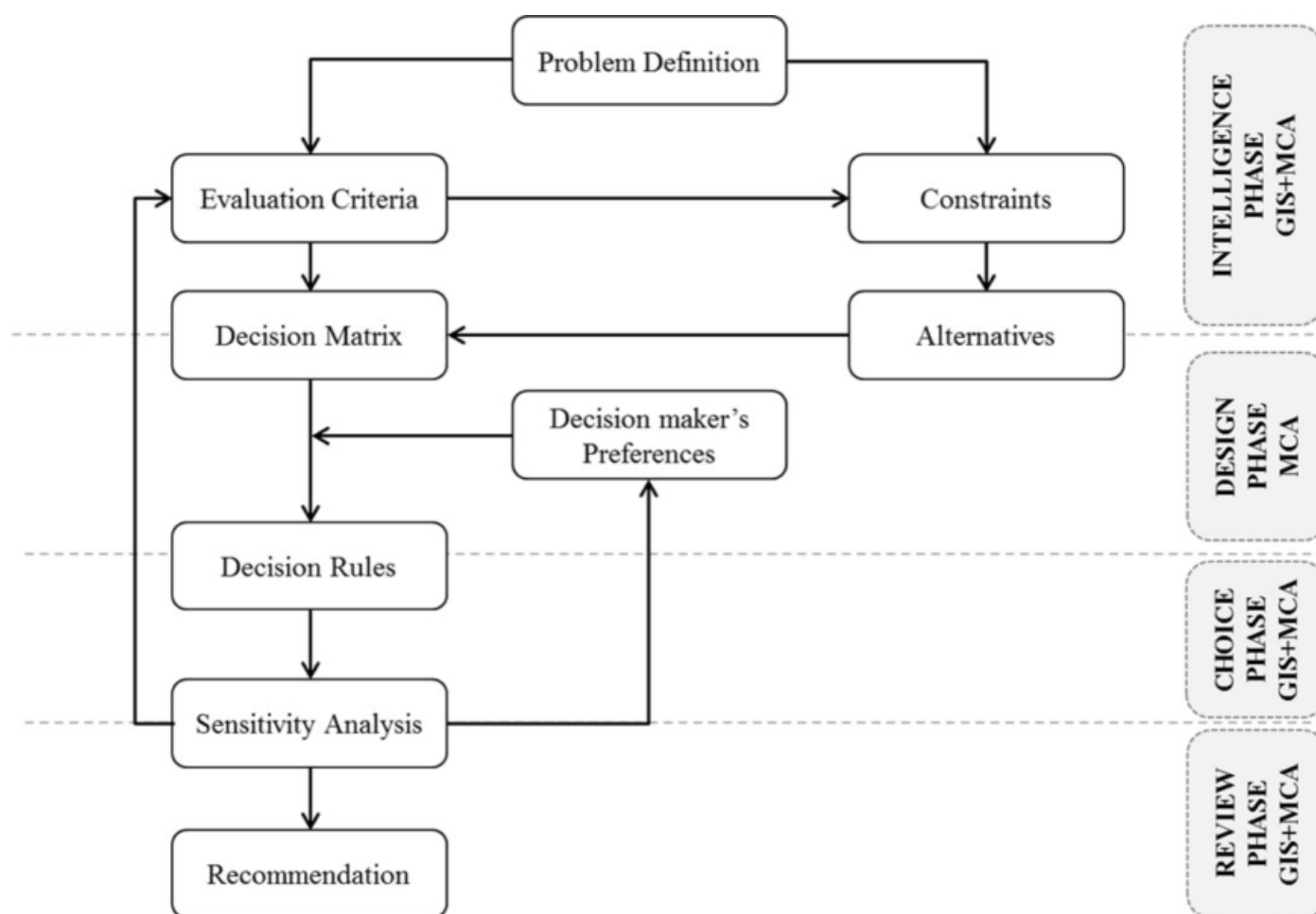


Fig. 1 - Diagramma di flusso per l'analisi spaziale multi-criteri, [fonte: 27; 29].

### 3.3. Building Simulation (BS) e Reference Buildings (RB)

Il software per la simulazione energetica degli edifici (BS) sono stati ampiamente utilizzati per la progettazione di edifici in grado di soddisfare tutte le esigenze energetiche e di comfort dell'occupante. In generale, la simulazione energetica si basa su tre approcci principali [31]:

1. Approccio "Forward", i cosiddetti modelli "white-box" in cui le variabili in output e il loro effetto sui parametri del modello vengono previsti attraverso la modellazione delle variabili di input (ad esempio TRNSYS, EnergyPlus);
2. Approccio "Data Driven", i cosiddetti modelli "black-box", in cui i modelli si basano sui metodi di regres-



sione ed i parametri sono stimati con tecniche di apprendimento artificiali;

3. Approccio “*Grey-box*”, che consiste nel formulare un modello fisico per rappresentare la struttura dell'edificio e identificare i parametri importanti (in forma aggregata); quest'ultimo approccio viene utilizzato principalmente per il controllo remoto e la diagnosi dei guasti, ma non per l'intera analisi dei fabbisogni energetici dell'edificio. Lo scopo dell'analisi e il livello dei dati disponibili influenzano la scelta del modello.

Nel caso di analisi urbane, a causa della mancanza di dati dettagliati e, soprattutto, dell'alto costo computazionale, non è chiaramente possibile analizzare ogni singolo edificio indipendentemente. E' quindi necessario definire degli edifici rappresentativi del patrimonio edilizio in termini di prestazioni energetiche, detti “*Reference Buildings*” (RB) [32].

I RB sono generalmente identificati tenendo conto del servizio di uso finale più energivoro. Considerando la distribuzione spaziale dei RB, la procedura può essere estesa in ogni area urbana con caratteristiche climatiche simili. Una volta identificati i RB, la caratterizzazione del patrimonio edilizio può essere facilmente definita con il supporto di strumenti GIS [33].

Questo passaggio è fondamentale per valutare il consumo di energia a scala urbana e il relativo potenziale di riqualificazione energetica. Quando vi è disponibilità di monitorare i dati di consumo, il fabbisogno energetico dei RB può essere valutato con metodi statistici (modelli *black-box*); al contrario, quando i dati di consumo non sono accessibili, i software di simulazione (modelli *white-box*) rappresentano il modo migliore per valutare le prestazioni energetiche dell'edificio.

Tuttavia, si necessita di modelli *white-box* per stimare il potenziale di risparmio energetico degli edifici conseguentemente ad interventi di efficientamento.

E' risaputo che spesso i consumi simulati in fase di progettazione non rispecchiano le effettive prestazioni energetiche dell'edificio a causa dei diversi comportamenti degli occupanti [34].

La presenza di dati monitorati può dunque essere utile per migliorare la qualità delle simulazioni. La breve revisione degli strumenti e metodi di valutazione esistenti nel campo MC-SDSS e BS è stata presentata per fornire le basi atte a sviluppare un metodo integrato innovativo per arricchire e semplificare il processo decisionale.

#### 4. Metodologia proposta

La transizione in atto verso una decarbonizzazione del sistema energetico richiede lo sviluppo di strumenti, modelli ed applicazioni specifiche che supportino tale trasformazione.

Ciò implica il coinvolgimento di molteplici attori: tecnici e progettisti dovranno definire linee guida per gli amministratori pubblici, questi ultimi ed i *decision makers* dovranno implementare le corrette azioni per

1. Garantire un livello adeguato dei servizi energetici;
2. Superare le barriere in ingresso al mercato date dai costi dell'infrastruttura;
3. Aumentare la coordinazione tra i diversi livelli territoriali (locale, regionale, nazionale);
4. Sviluppare dei piani di azione territoriali.

Parallelamente i cittadini dovranno essere edotti circa il loro ruolo cardine nella transizione energetica e la possibilità di diventare prosumers. Riunire le potenzialità dei sistemi GIS e dell'approccio MCDA permette di proiettare la pianificazione energetica urbana verso una nuova dimensione: il processo decisionale potrà basarsi su informazioni energetiche reali e georeferenziate, al fine di visualizzare i risultati attesi della pianificazione.

In questo articolo gli autori propongono un nuovo modello MC-SDSS ove i dati provenienti da database eterogenei vengono raccolti ed indicizzati su una piattaforma GIS. Tale piattaforma potrà supportare i *decision makers* nello sviluppo della pianificazione energetica urbana (vedi Fig. 2) ed i cittadini nella verifica e nel confronto dei propri consumi energetici.

La piattaforma è pensata per essere scalabile ed ogni nuovo componente/dato arricchisce le informazioni disponibili e, di conseguenza, le valutazioni degli impatti e dei benefici della pianificazione. Il database degli impianti termici fornisce alla piattaforma i dati fondamentali sulla tipologia ed età dell'impianto; le comunicazioni ufficiali dei DSO (*Distribution System Operators*) circa i consumi energetici (ormai obbligatorie in molti stati dell'UE) formano lo scenario di base dei consumi, attualizzati ed aggiornati. I dati della carta tecnica permettono di fissare in maniera georeferenziate tali informazioni, al fine di avere su mappa ogni riferimento energetico del distretto analizzato.

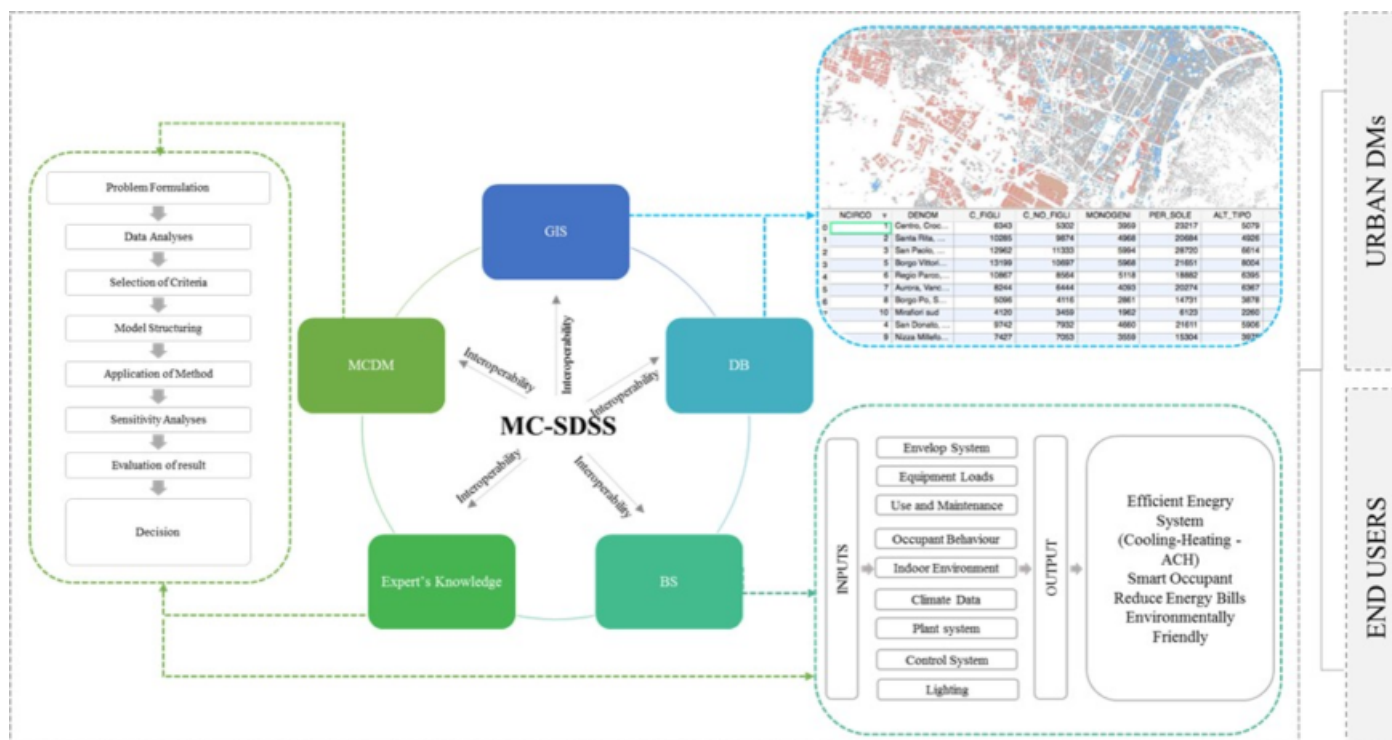


Fig. 2 - Lo schema concettuale della metodologia proposta. Fonte: elaborazione degli autori

Tale base di dati permette poi l'applicazione, sulla piattaforma, di simulazioni energetiche a livello distrettuale: gli edifici non vengono più analizzati come monadi da ristrutturare/riqualificare, ma come componenti di distretti sinergici. Tale approccio permette l'analisi di riqualificazioni distrettuali più ampie, per esempio la creazione di hub energetici, la condivisione di centrali termiche, di slot di ricarica per la mobilità elettrica e di altri servizi propriamente distrettuali.

L'utilizzo di metodologie di BS sarà comunque fondamentale per calcolare i consumi energetici attesi ed i risparmi conseguenti, ma sarà applicata su gruppi di edifici e sulle sinergie conseguenti, non intendendo il distretto come mera somma di *buildings*.

I criteri, selezionati e classificati con l'aiuto di focus group, saranno relativi a dati quantitativi e qualitativi, comunque sempre georeferenziati sulla base GIS di riferimento.

Una volta definiti gli scenari di transizione energetica urbana e selezionati i criteri su cui basare il confronto, la piattaforma implementerà l'approccio MCDA al fine di classificare gli scenari possibili. Il riferimento alla base GIS è l'aspetto innovativo di tale approccio, la visualizzazione spaziale dei diversi criteri, la loro distribuzione ed entità potrà fornire ai *decision makers* una base su cui definire politiche territoriali specifiche.

## 5. Conclusioni e future applicazioni

L'articolo propone un'analisi bibliografica sulle recenti tecniche di MCDA e sull'integrazione con sistemi GIS e di BS nel contesto urbano al centro dell'attenzione delle politiche comunitari e nazionali [35].

Il nuovo metodo MC-SDSS potrà generare una piattaforma dove una pluralità di dati vengono utilizzati da differenti attori per differenti scopi: gli amministratori pubblici possono verificare pianificazioni energetiche, i cittadini possono confrontare il consumo energetico del loro condominio con quello dei condomini adiacenti, i DSO potranno verificare la fattibilità territoriale di piani di sviluppo.

Il servizio è pensato per essere sviluppato nell'ambito di un progetto accademico in sinergia con la pubblica amministrazione per fornire l'accesso ai cittadini che fossero interessati (oltre che agli amministratori pubblici) [36].

L'importanza del MC-SDSS, presentato in questo articolo, si scontra tuttavia con l'applicazione di tale metodologia che deve integrare diverse basi di dati ed affrontare i problemi di pubblicazioni del dato, al fine di tutelare la privacy dei cittadini senza inficiare la completezza dell'analisi.

Ciò implica una sincronizzazione dei dati a livello territoriale, energetico ed anagrafico, e soprattutto la possibilità di aggiornare tali dati attraverso un processo automatico. L'utilizzo di dati qualitativi e quantitativi, energetici e socio-economici, è funzionale ad una transizione energetica [37]. E' infatti assodato che la transizione deve coinvolgere aspetti sociali e personali, oltreché prettamente energetici [4].

## Bibliografia

- [1] Lombardi P., *Local experiences in energy transition*. In: Energia, Ambiente e Innovazione, Enea, 5, pp. 55 - 59, 2015
- [2] Lombardi P., Grunig M. (eds), *Low-carbon Energy Security from a European Perspective*. Elsevier, 2016
- [3] Loorbach D., *To Transition! Governance Panarchy in the New Transformation*. Inaugural Address, Faculty of Social Science EUR on Friday, Erasmus University Rotterdam, 2014
- [4] MILESECURE-2050, *Multidimensional Impact of the Low-carbon European Strategy on Energy Security, and Socio-Economic Dimension up to 2050. perspective*. Informazioni su: project. www.milesecure2050.eu
- [5] Lombardi P., Cooper I., *The challenge of the e agora metrics: the social construction of meaningful measurements*. In: International Journal of Sustainable Development, 12, pp. 210 - 222, 2009
- [6] Brandon P., Lombardi P., Shen G. (eds.), *Future challenge in sustainable urban development*. Wiley, London (in press), 2016
- [7] Bogetoft P., Pruzan P., *Planning with multiple criteria: investigation, communication and choice*. Copenhagen Business School Press, 1997
- [8] Catrinu M., Bakken B. H., Holen A., *Modelling local energy systems from a multicriteria perspective*. In: 17th, Efficiency, costs, optimization, simulation and 32 environmental impact of energy on process systems environmental impact of energy on process systems [International conference]; ECOS (p. 8 pages). Guanajuato City, Mexico: Instituto Mexicana de Petroleo, 2004
- [9] Dall'O' G., Norese M. F., Galante A., Novello C., *A Multi-Criteria Methodology to Support Public Administration Decision Making Concerning Sustainable Energy Action Plans*. In: Energies, pp. 4308 - 4330, 2013
- [10] Zhou P., Ang B. W., Poh K. L., *Decision analysis in energy and environmental modeling: An update*. Energy, 31, pp. 2604 - 2622, 2006
- [11] Finco A., Nijkamp P., *Planning for Sustainable Spatial Development: Principles and Application*. Serie research memoranda, Vrije Universiteit, 1999
- [12] Hobbsa B. F., Horna G. T., *Building public confidence in energy planning: a multimethod MCDM approach to demand-side planning at BC gas*. In: Energy Policy, 25, pp. 357 - 375, 1997
- [13] Pardalos P. M., Siskos Y., Zopounidis C., *Advances in Multicriteria Analysis*, 1995
- [14] Pohekar S.D., Ramachandran M., *Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning a review*. In: Renew. Sustain. Energy Rev. 8 (4), pp. 365 - 381, 2004
- [15] DCLG, Department for Communities and Local Government: London, *Multi-criteria analysis: a manual*, 2009. Informazioni su: [http://eprints.lse.ac.uk/12761/1/Multi-criteria\\_Analysis.pdf](http://eprints.lse.ac.uk/12761/1/Multi-criteria_Analysis.pdf), March 2016
- [16] Lombardi P., Ferretti, V., *New Spatial Decision Support Systems for Sustainable Urban and Regional Development*. In: Smart and sustainable built environment, 4, pp. 45- 66, 2015
- [17] Wang X., Yu S., Huang G.H., *Land Allocation Based on Integrated GIS- Optimization Modeling at A Watershed Level*. In: Landscape and Urban Planning, 66, pp. 61 - 74, 2004
- [18] Brandon P.S., Lombardi P., *Evaluating Sustainable Development in the Built Environment*, II Edition, Wiley-Blackwell (GBR), 2011
- [19] McHarg I., *Design with nature*. Garden City: Natural History. Press, New York, 1969
- [20] Charlton M., Ellis S., *GIS in planning*. In: Journal of Environmental Planning and Management, 34, pp. 20 - 26, 1991
- [21] Azzena G., *Questioni terminologiche - e di merito - sui GIS in archeologia*, in: A. Gottarelli, Sistemi informativi e reti geografiche in archeologia: GIS-INTERNET Siena: VII Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, pp. 33 - 43, pp. 11 - 17, 1995
- [22] Jones P. J., Lannon S., Williams J., *Modelling building energy use at Urban Scale*. In: Seventh International IBPSA Conference, Rio de Janeiro: Building simulation, pp. 175 - 180, 2001
- [23] Delmastro C., Mutani G., Pastorelli M., Vicentini G., *Urban morphology and energy consumption in Italian residential buildings*. In: International Conference on Renewable Energy Research and Applications ICRERA 2015, Palermo, 22 - 25 November, 2015
- [24] Nghi D. Q., Kammeier H. D., *Balancing data integration needs in urban planning: A model for Ha Noi City*, Viet Nam. Cities, 18, pp. 61-75, 2001
- [25] Mutani G., Vicentini G., *Buildings' energy consumption, energy savings and the availability of renewable energy sources in urban contexts: the potential of GIS tools*. In: Journal of Civil Engineering and Architecture Research, 2, pp. 1102 - 1115, 2015
- [26] Torabi Moghadam S., Mutani G., Lombardi P., *GIS-Based Energy Consumption Model at the Urban Scale for the Building Stock*. In: 9th International Conference Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings and Smart Communities [IEECB&SC'16], 16-18 March, Frankfurt, 2016
- [27] Simon H.A., *The New Science of Management Decision*, Harper and Row, New York, 1960
- [28] Sharifi M.A., Rodriguez E., *Design and development of a planning support system for policy formulation in water resources rehabilitation*. In: Journal of Hydroinformatics, 04, pp. 157 - 175, 2002
- [29] Malczewski J., *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley and Sons, New York, 1999
- [30] Ferretti V., Pomaric S., *An integrated approach for studying the land suitability for ecological corridors through spatial multicriteria evaluations*. In: Environment Development Sustainability, 15, pp. 859 - 885, 2013
- [31] Harish V.S.K.V., Kumar A., *A review on modeling and simulation of building energy systems*. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 56, pp. 1272 - 1292, 2016
- [32] Corgnati S. P., Fabrizio E., Filippi M., Monetti V., *Reference Building for Cost-optimal analysis: method of definition and application*. In: Applied Energy, 102, pp. 983 - 993, 2013
- [33] Delmastro C., Mutani G., Corgnati S.P., *A supporting method for selecting cost-optimal energy retrofit policies for residential buildings at the urban scale*. In: Energy Policy, 99, pp. 42 - 56, 2016
- [34] Torabi Moghadam S., Soncini F., Fabi V., Corgnati S., *Simulating Window Behaviour of Passive and Active Users*, presented to the 6th International Building Physics Conference (IBPC 2015), 16 - 18 June 2015, Energy Procedia, 78, pp. 621 - 626, 2015
- [35] Torabi Moghadam S., Lombardi P. Mutani G. A., *Mixed methodology for defining a new spatial decision analysis toward low carbon cities*. In: Procedia Engineering, In press, 2016
- [36] Viglianisi A., *La città metropolitana di Reggio Calabria. Applicazione degli strumenti valutativi a supporto del processo decisionale partecipato*. In: LaborEst, n. 12, pp. 45 - 51, 2016
- [37] Foresta S., *La valutazione ambientale strategica quale strumento di valutazione delle scelte di programmazione e pianificazione*. In: LaborEst, n. 10, pp. 71 - 74, 2015

