

N° 1
2009

GeoEye - CNN

Rivista bimestrale - anno 13 - Numero 1/09 - Sped. in abb. postale 70% - Filiale di Roma

GEO MEDIA

La prima rivista italiana di geomatica e geografia intelligente

► Il settore pubblico
tra geomatica e web 2.0

► Percezione e intenzione
d'utilizzo dei GIS nella PA

► ArcGIS, quale database spaziale?

► Valutare le potenzialità
fotovoltaiche in ambiente GIS

► GOCE: l'ora della verità

www.rivistageomeia.it

Un GIS per valutare le potenzialità fotovoltaiche in ambito urbano

di Giuseppe Mussumeci, Antonio Condorelli e Alfonso Capizzi

L'articolo propone una metodologia per la determinazione delle condizioni di esposizione al sole delle falde dei tetti in ambito urbano, fondata sull'applicazione in ambiente GIS di sofisticati algoritmi di modellazione fisica del fenomeno dell'irraggiamento solare. Propedeutica all'applicazione della metodologia è la modellazione 3D dell'edificato e delle coperture in contesti urbani comunque eterogenei e morfologicamente complessi. La metodologia proposta rappresenta un utile supporto per la pianificazione energetica, in quanto consente di estendere su larga scala il dettaglio delle valutazioni preventive sulle potenzialità fotovoltaiche del singolo sito.

Nell'ambito delle metodologie d'impiego delle *Fonti Energetiche Rinnovabili* (FER) per scopi produttivi, il Sole gioca un ruolo importante dal momento che rientra in quasi tutte le dinamiche di generazione delle fonti stesse, sia direttamente (fotovoltaico e solare termico), che indirettamente (eolico e biomasse). Il fotovoltaico, a differenza delle altre fonti di energie rinnovabili, offre la possibilità di integrarsi nelle strutture edilizie esistenti. Per l'ottimale utilizzo di questa tecnologia le regole di buona progettazione richiedono la conoscenza accurata delle condizioni di irraggiamento nel sito di installazione ed il riconoscimento delle eventuali zone d'ombra.

Nel presente articolo si propone una metodologia per lo studio dell'irraggiamento solare sul tessuto urbano, basata integralmente sull'impiego di funzionalità GIS. L'approccio metodologico proposto consente di determinare il soleggiamento a cui è esposta ogni falda presente all'interno di un comprensorio urbano – anche se eterogeneo e morfologicamente complesso – ed è stato testato su un'area campione del Comune di San Cataldo (CL).

La metodologia è ad alta produttività e consente di accelerare e semplificare notevolmente il processo di acquisizione e di elaborazione dei dati necessari per la redazione del Piano Energetico Comunale (PEC), strumento di cui tutte le Amministrazioni dovrebbero dotarsi, adottando i principi della sostenibilità ambientale.

Inoltre, poiché la pianificazione energetica non può prescindere dalle risorse disponibili, è necessario che la localizzazione degli impianti di produzione sia ottimizzata in funzione del potenziale energetico dei siti, che a sua volta dipende da variabili geografiche (latitudine, longitudine, quota) e fisico-morfologiche (pendenza e orientamento delle falde, presenza di ostacoli) che si prestano ad essere gestite mediante le funzionalità proprie dei software GIS.

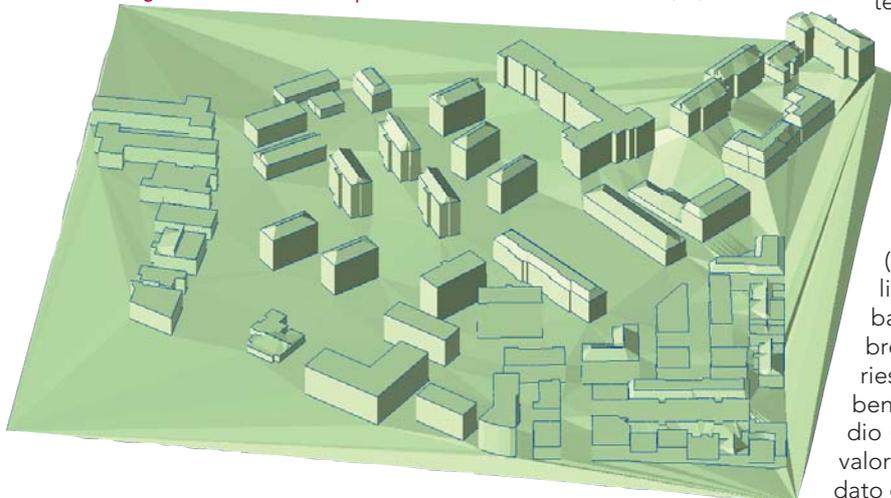
Predisposizione della base dati GIS: modellazione 3D dello spazio urbano

Per la progettazione di impianti fotovoltaici è importante valutare, sulla base di un piano economico pluriennale, l'opportunità stessa di realizzare l'impianto in relazione alla sua redditività. Le indagini hanno quindi lo scopo primario di analizzare e caratterizzare il sito dal punto di vista della sua potenziale produttività. La metodologia proposta appare di grande utilità, in quanto estende le valutazioni dal singolo sito ad un'area edificata estesa. E' così possibile classificare e rappresentare tematicamente il territorio attraverso la produttività potenziale degli impianti realizzabili sulle coperture. L'ente locale che amministra il territorio può avere quindi a disposizione un potente strumento per pianificare proficuamente i propri investimenti e per orientare le scelte dei cittadini.

Dal punto di vista operativo, la metodologia richiede in primo luogo l'acquisizione di una cartografia vettoriale a scala sufficientemente grande (1:2000) da consentire l'interpretazione della morfologia dei luoghi e degli elementi territoriali (edifici, impianti, vegetazione, ecc.), in modo da potere costruire un modello digitale di elevazione in grado di rappresentare la morfologia complessa di uno spazio urbano costruito. In particolare, in relazione agli edifici presenti nell'area di studio, è necessario disporre di informazioni in merito all'altezza, alla quota del terreno, alla tipologia di copertura, alla valutazione dell'attitudine intrinseca di ogni falda ad ospitare moduli fotovoltaici, alla presenza di elementi naturali o antropici che possano provocare ombre per lunghi periodi della giornata.

È necessario evidenziare, purtroppo, che i modelli digitali normalmente utilizzati per questa tipologia di applicazioni in ambiente GIS, siano essi a maglia quadrata (DEM o DTM) o triangolare (TIN), non si prestano alla modellazione di contesti urbanizzati. Essi infatti si

Fig.1 - Modello TIN di una parte del centro storico di S.Cataldo (CL)



adattano perfettamente a contesti territoriali in cui le variazioni di morfologia sono dolci e continue, mentre rappresentano con difficoltà (o con eccessive approssimazioni) gli ambienti urbanizzati, in cui si manifestano salti di quota bruschi e non correlati tra edifici adiacenti.

Queste problematiche sono ben note a chi si occupa di modellazione 3D di spazi urbani, tanto è vero che, generalmente, gli edifici vengono elaborati separatamente rispetto alla morfologia del terreno, ad esempio con la sovrapposizione di singoli modelli 3D appositamente sviluppati o l'estrusione di elementi poligonali in pianta per un'altezza pari all'elevazione dell'edificio. Questo tipo di tecnica, certamente vantaggiosa dal punto di vista pratico ed efficace dal punto di vista della rappresentazione, non risulta direttamente utilizzabile per le finalità del presente lavoro per numerose ragioni. Tra queste, innanzitutto, vi sono l'esigenza di applicare l'algoritmo di valutazione delle potenzialità energetiche ad un unico modello di superficie (terreno+edifici+vegetazione, ecc.) e l'attuale incapacità dei software GIS di interagire utilmente (ovvero mediante relazioni matematiche) con modelli 3D differenti dai classici TIN, DTM o DEM. Anche alcune recenti innovazioni tecnologiche introdotte nei software GIS (quali ad esempio la simbologia 3D applicata per rappresentare specifiche entità puntuali o lineari) non risultano utili, in quanto si tratta sempre di modelli virtuali visualizzati in 3D nella posizione specificata, ma privi di reale consistenza geometrica, morfologica e volumetrica.

Per ovviare a queste problematiche si è sviluppata una soluzione mista, basata in primo luogo sull'impiego di un modello TIN (e successivamente di un DEM) opportunamente modificato per garantire la piena rappresentatività morfologia dello spazio urbano. Il TIN è stato generato a partire dai dati altimetrici del terreno estratti dalla cartografia (curve di livello ogni 2m e punti quotati) e tenendo anche in considerazione la presenza degli edifici e delle relative elevazioni. Il caso studio è stato trattato mediante il software ArcGIS Desktop v.9.2 della ESRI dotato di estensioni Spatial Analyst e 3D Analyst. Come solitamente si riscontra nelle cartografie numeriche, ciascun edificio risulta restituito come poligono quotato con riferimento alla gronda; tuttavia, per poter ottenere un unico modello TIN, pienamente rappresentativo dell'area urbana in studio, si rende necessario co-

struire un altro poligono alla quota del piano di posa sul terreno, da introdurre come *break line* nella modellazione 3D. La creazione di questo secondo poligono perfettamente coincidente in proiezione con quello riferito alla gronda, genera tuttavia numerosi problemi nella creazione del modello TIN. Si è quindi adottata una soluzione basata su una piccola approssimazione, consistente nel restringere leggermente (con un *offset* verso l'interno di 5 cm) il poligono di gronda rispetto al poligono alla base, che assume anch'esso le funzioni di *break line*. Seguendo questo approccio, si riesce ad ottenere un TIN molto affidabile e ben rappresentativo dell'area urbana di studio (figure 1 e 2). Si osservi che, attraverso la valorizzazione di altre informazioni presenti sul dato cartografico (ad esempio la linea di colmo delle coperture non orizzontali), è stato possibile modellare anche l'andamento dei tetti a falde.



Fig.2 - Modello TIN con sovrapposizione di ortofoto di una parte del centro storico di S. Cataldo (CL)

Modellazione GIS per la valutazione delle potenzialità fotovoltaiche di un sito

Il modello TIN dell'area urbana di interesse è stato convertito in un modello GRID di elevazione (DEM) in cui ogni cella è caratterizzata dalla quota media della porzione di elemento territoriale (terreno, edificio, vegetazione, ecc.) ad essa corrispondente. La scelta delle dimensioni delle celle è di fondamentale importanza ai fini del livello di dettaglio dell'informazione. Nella fattispecie si è adottata la maglia 1m x 1m, come opportuno compromesso tra le necessità di dettaglio e le normali capacità di elaborazione delle piattaforme hardware attualmente disponibili.

La stima della radiazione solare incidente in un dato periodo di osservazione è stata effettuata con la specifica funzione Area Solar Radiation (Spatial Analyst).

La funzione calcola per ogni cella la radiazione incidente in funzione di alcuni parametri quali la latitudine del sito e l'arco temporale di riferimento. Il risultato è un ulteriore GRID in cui ad ogni cella è associato il livello di radiazione solare (Wh/m²) cumulato nel periodo di osservazione assunto. In figura 3 è riportato lo stralcio di una carta tematica a variazione cromatica continua sull'irraggiamento solare medio annuo.

Per stimare le potenzialità produttive delle falde, si è ipotizzato l'impiego di una tipologia standard di modulo fotovoltaico e un valore di rendimento degli *inverter* pari al 95% (valore medio europeo della produttività

degli impianti). Quest'ultima modellazione conduce alla stima delle potenzialità fotovoltaiche delle varie coperture.

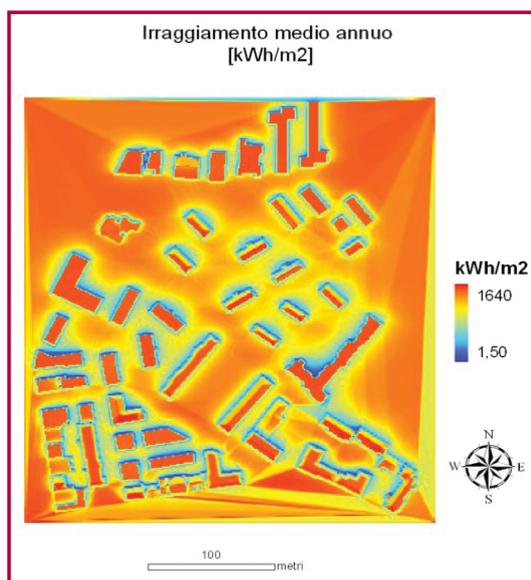


Fig.3 – Carta tematica dell'irraggiamento solare medio annuo dell'area studiata

Conclusioni

L'aspetto innovativo dell'approccio è prevalentemente legato alla sua alta produttività, che consente di estendere in modo automatico la valutazione delle potenzialità produttive dal singolo sito di specifico interesse ad un intero comprensorio urbano. Ciò favorisce senz'altro le attività di pianificazione richieste ai Comuni nell'ambito degli obiettivi fissati dall'Unione Europea in materia di diversificazione delle fonti energetiche (produzione da fonti rinnovabili pari al 20% dei fabbisogni entro il 2010). **G**

Bibliografia

"Mappatura dell'inquinamento elettromagnetico con gis e gps. Un approccio innovativo per la mappatura mediante georeferenziazione gps e trattamento dati in ambiente gis" – GEOmedia n°6 Novembre/Dicembre 2001 [autori: G.Mussumeci, A.Condorelli, F.Musumeci, S.Carrubba].

"Proposta metodologica per la zonizzazione acustica in ambiente gis" – 4ª Conferenza Nazionale su INformatica e Pianificazione Urbana e Territoriale, INPUT 2005 - Alghero, 14-17 settembre 2005 [autori: G.Mussumeci, F.Patania, A.Gagliano, A.Condorelli, S.Pernicone]

"Impiego di dem ad alta risoluzione nell'ambito di sit "specializzati"" - Convegno Nazionale SIFET (Società Italiana Fotogrammetria e Topografia) "Le nuove frontiere della rappresentazione 3D" – Castellaneta Marina (Taranto), 13-25 Giugno 2006 [autori: A.Carosio, A.Condorelli, G.Mussumeci]

"Un sit per la gestione e la rappresentazione 3d di dati illuminotecnici "specializzati"" - Convegno Nazionale SIFET (Società Italiana Fotogrammetria e Topografia) "Le nuove frontiere della rappresentazione 3D" – Castellaneta Marina (Taranto), 13-25 Giugno 2006 [autori: G.Mussumeci, A.Condorelli, O. Marletta, D. Matarazzo]

"L'integrazione dei sistemi fotovoltaici nell'edilizia e nelle infrastrutture urbane", ISES ITALIA, 1999 [autori: M.Spagnolo, F.Vivoli]

"Sviluppo dell'elettricità solare fotovoltaica in italia", GIF 2002.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>

Abstract

Urban photovoltaic capabilities' evaluation utilizing GIS

We propose a methodology based on GIS technology to evaluate the solar radiation on the different faces of the roofs in an urban area. This methodology is based on complex algorithms used to model the phenomenon of solar radiation onto detailed 3D models of buildings, also for heterogeneous and morphologically complex problems.

The proposed methodology provides support for the energetic planning of a territory as it facilitates the evaluation of the photovoltaic potential of a particular site, using highly informative detail and a wide reference scale on the territory.

Autori

Prof. Ing. GIUSEPPE MUSSUMECI
gmussume@dica.unict.it
Dott. ing. ANTONIO CONDORELLI
acondor@dica.unict.it

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Università di Catania
Viale A. Doria, 6 – 95125 Catania
Tel. 095 7382212-25 – Fax 095 7382249

Ing. ALFONSO CAPIZZI
alfonsocapizzi@hotmail.com