

Procedure integrate per il disegno di impianti lineari: elaborazioni grafiche digitali di percorsi ciclabili

Barbara Messina, Pierpaolo D'Agostino

Abstract

Il contributo vuole porre in luce le potenzialità e l'applicabilità di un approccio digitale integrato che vede la rappresentazione come strumento concreto di ausilio nel disegno delle trasformazioni del territorio e della città. L'integrazione di strumenti di analisi territoriale, congiuntamente ad altri più tradizionalmente utilizzati in processi algoritmico-generativi, sembra permettano di pervenire a un sistema di gestione globale dei dati e delle informazioni che si pongono alla base di quei progetti che, per propria natura o in virtù di una intrinseca complessità, richiedono un controllo multiscalare e gestito su più livelli interconnessi. Attraverso specifiche rappresentazioni e tematizzazioni digitali, si intende illustrare la possibilità dell'impiego di un sistema GIS, integrato con modellatori parametrici, per la gestione e la verifica di una serie di scelte progettuali che comportano trasformazioni a scala urbana o territoriale. La metodologia proposta ha come obiettivo la validazione di un sistema di analisi applicabile ogni qual volta sia necessario intervenire, all'interno di un tessuto urbano già consolidato, con la creazione o l'implementazione di una rete a impianto lineare. Nell'ambito dell'elaborazione della procedura operativa proposta e finalizzata alla individuazione di tracciati ciclabili attraverso un framework semiautomatico, si intende proporre un'applicazione sulla rete stradale che interessa il Comune di Capaccio-Paestum, in provincia di Salerno.

Parole chiave: sistemi digitali integrati, rappresentazione del territorio, database informativo, percorsi lineari, simulazioni grafiche.

Introduzione

È oramai prassi consolidata il ricorso alla costruzione di sistemi informativi in grado di implementare, in forme variamente algoritmiche, le interazioni tra contesto territoriale e geo-topografico con simulazioni – bidimensionali e, oggi sempre più spesso, compiute nel dominio tridimensionale – che si prestino a descrivere in modalità interattive le condizioni funzionali di prefigurazione progettuale, oltre che di trasformazione di un contesto [Arctur, Zeiler 2004; Fistola 2009]. Tali sistemi si configurano come utili strumenti per comprendere e descrivere graficamente le modifiche che, in luoghi specifici, conseguono a eventi naturali o antropici, materiali o immateriali. L'interpretazione geometrica e topologica dello spazio, tradotto in un set di dati integrati, informatizzati e multisettoriali, consente infatti una gestione

interattiva delle informazioni territoriali in virtù della quale è possibile controllare, elaborare e collegare tutti i dati attraverso opportuni sistemi di rappresentazione digitale [Du et al. 2019]. In tal senso, particolarmente efficace è l'idea di integrare software di tipo GIS con piattaforme più propriamente destinate alla modellazione solida e parametrico-generativa, con l'obiettivo di produrre rappresentazioni infografiche utili alla simulazione di fenomeni che caratterizzano un determinato territorio [de Silva, Eglese 2000]. Partendo dunque da alcune esperienze applicative, il contributo vuole porre in luce le potenzialità e l'applicabilità di tale approccio digitale integrato che vede la rappresentazione come strumento concreto di ausilio nel disegno delle trasformazioni del territorio e della città.

Sistemi integrati per la rappresentazione di fenomeni urbani e territoriali

La rappresentazione del territorio ha da sempre posto l'uomo di fronte a una sfida non semplice: riuscire a tradurre in immagini la sua complessità morfologica – spesso dettata dalla stretta interconnessione tra spazio antropico e spazio naturale – nonché i fenomeni che in esso si manifestano, richiede infatti notevoli capacità analitiche e grafiche. Rappresentare il territorio significa allora coglierne gli elementi topici [Bonora 2012], sintetizzati poi in immagini che, in virtù di un codice grafico rigoroso ed essenziale, rendano immediatamente percepibili gli aspetti e le specificità che lo contraddistinguono. Il contributo delle discipline del Disegno assume dunque un ruolo chiave con riferimento a tale problematica. Se infatti la trattazione di questo argomento «quanto mai vasta e specialistica, necessita di un approccio multidisciplinare [...] tuttavia i prodotti grafici di tali studi sono pur sempre modelli che coinvolgono l'esperto di espressione grafica di natura tecnica» [Cardone 2015, p. 301].

Ciò spiega il grande interesse, a livello nazionale e internazionale, che la comunità scientifica dell'area della Rappresentazione rivolge, ormai da tempo, a tale tematica [Chias Navarro, Papa 2019; Marotta, Novello 2015; Centofanti, Brusaporci 2011; Novello 2002]. Negli ultimi anni però, accanto a ricerche e studi dal taglio più tradizionale – ossia orientati alla lettura tematica di contesti urbani o territoriali [Martone 2007; Rosi 2003] – si è andato affermando un nuovo approccio scientifico che ricorre alla modellazione digitale e a simulazioni grafiche avanzate quale strumento insostituibile per la rappresentazione del territorio, in tutti i suoi aspetti [Piga, Salerno 2019; Llopis Verdú, Serra Lluçh, Torres Barchino 2019].

Di certo gli strumenti di cui oggi si dispone, quali i sistemi digitali per la gestione integrata e la rappresentazione di dati a scala urbana e territoriale, agevolano l'approccio analitico propedeutico alla lettura di un determinato ambito e dei fenomeni a esso connessi [Mingucci, Moura 2013] [1], consentendo di elaborare ed efficacemente visualizzare informazioni disponibili su più livelli interrelati (fig. 1).

Se da un lato, appare ormai consolidato l'uso del GIS come strumento di analisi dei fenomeni fisici e immateriali che connotano un determinato contesto, meno esplorata è la possibilità di affiancare a esso dei modellatori tridimensionali parametrici [Moura 2013], il cui utilizzo può permettere una migliore gestione dei dati in tutti quei casi in cui la

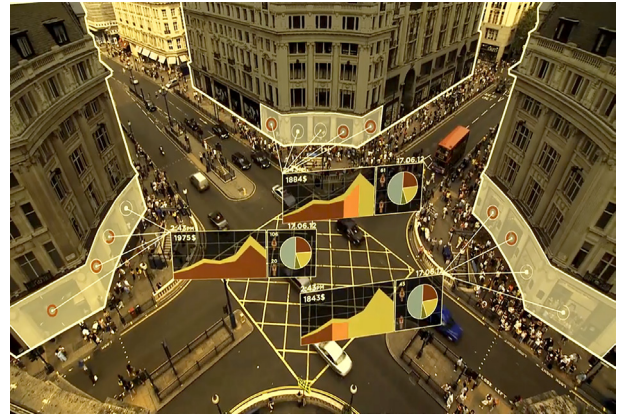


Fig. 1. Approccio grafico-digitale per la lettura di realtà complesse. Esempio di utilizzo del toolbox "Urban Network Analysis", sviluppato per il software Rhinoceros dal City Form Lab. Tratto da <<http://cityform.gsd.harvard.edu/videos/>> (consultato il 26 settembre 2019).

presenza di edifici, o di realtà progettuali, interviene nella definizione e nella caratterizzazione dell'ambito oggetto di indagine [Yin, L. 2010].

L'integrazione di tali strumenti di rappresentazione digitale, dunque, sembra rispondere perfettamente alle esigenze di pervenire a un sistema di gestione globale dei dati e delle informazioni che si pongono alla base di quei progetti – architettonici, ingegneristici, urbanistici ecc. – che, per propria natura o in virtù di una intrinseca complessità, richiedono un controllo multiscalare e gestito su più livelli interconnessi.

In effetti, la possibilità offerta da sistemi GIS di organizzare e rappresentare lo spazio in termini geometrici e topologici, a partire da un insieme di dati georeferiti e correlati, acquista nuovi e significativi risvolti – per ciò che attiene all'analisi e previsione di realtà progettuali che si vanno configurando – se si considerano le potenzialità di simulazione tridimensionale proprie dei software di modellazione parametrica [Semeraro et al. 2019] [2]. La rappresentazione integrata, così intesa, consente infatti non solo la localizzazione dei fenomeni presi in esame, e la conseguente analisi spaziale, ma si apre alla possibilità di prevedere più scenari, ipotizzabili in ambiente digitale in funzione dei dati inseriti in input, grazie alla elaborazione di immagini visivamente convincenti e di immediata interpretazione. Proprio in vir-



Fig. 2. Rappresentazione interattiva di fenomeni spaziali. Visualizzazione e analisi di dati basata su un applicativo di "Data Collider", sistema sviluppato dal MIT Senseable City Lab. Tratto da <<https://morphocode.com/visiting-mit-senseable-city-lab-singapore/>> (consultato il 10 settembre 2019).

tù delle capacità di visualizzazione e riproduzione virtuale dello spazio e dei fenomeni che in esso si manifestano, caratteristica dei software per la modellazione tridimensionale, il semplice approccio cartografico tradizionalmente associato al GIS evolve in un sistema in grado di supportare – in forma di struttura unitaria e multidisciplinare – le scelte progettuali derivanti da una valutazione consapevole dell'impatto che può avere un intervento programmato sul territorio o sulla città, suggerendo di volta in volta la soluzione ritenuta più adeguata (fig. 2).

Con riferimento a tale approccio va innanzitutto rilevato che, sebbene i GIS siano nati come piattaforme per la gestione di dati e la rappresentazione cartografica in forma di elaborati di norma bidimensionali, con il trascorrere degli anni essi hanno mostrato un interesse crescente verso gli aspetti legati a una interpretazione più ampia dei fenomeni graficamente descritti. Una evoluzione concettuale che, quindi, ha richiesto sempre più spesso sistemi per la rappresentazione tridimensionale della realtà indagata. A partire dunque dalle prime esperienze dei cosiddetti modelli DEM, il territorio comincia a essere letto e concepito non più, e non solo, per curve di livello e punti quotati, ma nella sua natura di struttura tridimensionale, della quale è possibile interpretare e cogliere caratteristiche e aspetti il cui sviluppo non può intendersi limitato alle due dimensio-

ni [3]. Le piattaforme GIS cominciano così a sperimentare «moduli di editing degli "oggetti geografici" assai simili a moduli CAD [...] tentando di integrare (o di far interagire) la piattaforma GIS con funzionalità di modellazione tridimensionale parametrica alla scala urbana a fini progettuali e non solo di analisi dei dati e di supporto alle decisioni» [Muzzarelli 2016, 2].

Un uso dei GIS che, superata l'idea di una semplice lettura cartografica digitale, prefigura nuove prospettive di applicazioni grafiche e progettuali, sintetizzabili nel cosiddetto *Geodesign* [Campagna 2013; Santana, Moura 2013] (fig. 3). Un processo, questo, di gestione del territorio e delle sue trasformazioni che fonda sulla combinazione «di metodi, tecniche e strumenti delle scienze dell'informazione territoriale ("geo") a supporto del progetto e della pianificazione dello sviluppo fisico ("design")». Il *Geodesign* propone un approccio collaborativo e partecipativo integrato che parte dalla concettualizzazione del progetto e prosegue con l'analisi, la simulazione, lo sviluppo di alternative, la valutazione degli impatti e la scelta (tra le varie fasi)» [Campagna 2014, 71].

In tale direzione, soprattutto in campo internazionale, si sono mosse numerose ricerche volte a sperimentare l'applicabilità concreta di approcci integrati per la rappresentazione e la pianificazione del territorio. Dai GIS sono così nati nuovi sistemi – i cosiddetti PSS (*Planning Support Systems*), gli SDSS (*Spatial Decision Support Systems*) o i PPGIS (*Planning Participation GIS*) – che sintetizzano le capacità analitiche dei primi con le potenzialità della simulazione virtuale di modellatori al fine, proprio, di prefigurare e verificare diversi aspetti delle realtà progettuali, e diverse opzioni perseguibili, integrando peraltro la modellazione del costruito nel contesto territoriale che lo ospiterà [4]. Alla luce di tali considerazioni il presente contributo, attraverso specifiche rappresentazioni digitali, intende allora illustrare la possibilità dell'impiego di un sistema GIS, integrato con modellatori parametrici, per la gestione e la verifica di una serie di scelte progettuali che comportano trasformazioni a scala urbana o territoriale [Rybarczyk 2010]. In particolare si propone una metodologia operativa per l'elaborazione di modelli con i quali sia possibile, registrando e integrando dati specifici al contesto e agli eventi presi in esame, pervenire a simulazioni grafiche che consentano di classificare, rappresentare e interpretare un ambito territoriale sulla base di una serie di relazioni spaziali, sincroniche e diacroniche, intercorrenti tra gli elementi antropici, naturali e ambientali che lo caratterizzano.

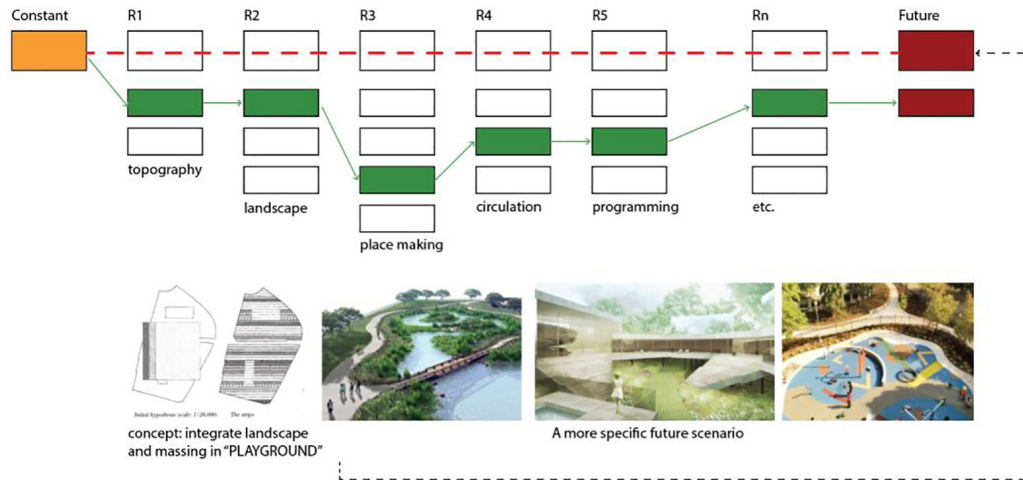


Fig. 3. Un esempio di applicazione della logica alla base del Geodesign, come strumento per scelte partecipate alla progettazione urbana o territoriale. Tratto da [Wu 2018, p. 39].

Problema, questo, particolarmente delicato quando l'area in oggetto sia connotata da peculiarità ambientali specifiche, o quando ancora in essa si registri la presenza di monumenti, siti archeologici o strutture di altra natura che si impongono quali attrattori culturali, orientando in un certo qual modo le trasformazioni territoriali.

Nello specifico, l'indagine si rivolge al territorio del Comune di Capaccio-Paestum e al tratto litoraneo della strada provinciale che a esso conduce: un'area ritenuta emblematica per la problematica affrontata data la presenza di uno tra i siti archeologici più significativi al mondo e – come meglio descritto in seguito – di una serie di altri attrattori turistici. Si analizza, quindi, l'opportunità di prevedere percorsi ciclabili definiti attraverso procedure digitali in grado di generare 'automaticamente' una rete che, in funzione di questi elementi, possa soddisfare le esigenze di sviluppo di tale contesto, sulla base di una serie di scelte e di ipotesi formulate. Partendo dunque da una proposta progettuale elaborata dall'Amministrazione comunale di Capaccio-Paestum, e ricorrendo a elaborazioni grafiche digitali generate con un sistema GIS appositamente strutturato, è stata verificata la rispondenza delle piste previste (e non ancora realizzate) – o eventualmente la possibilità di potenzia-

mento di percorsi già esistenti – rispetto alla dislocazione di un insieme di attrattori ritenuti significativi per il disegno di un percorso urbano ciclabile.

In particolare la sperimentazione condotta ha riguardato, da un lato, la rete già esistente, con l'obiettivo di migliorarne la fruibilità proprio in virtù di verifiche possibili grazie a simulazioni infografiche su specifici aspetti [5]. Dall'altro, ha analizzato aree attualmente non coinvolte, ma potenzialmente interessate alla viabilità ciclabile, valutandone l'idoneità e l'adeguatezza in funzione di caratteristiche intrinseche ed estrinseche a esse [6]. In questi casi le analisi spaziali alla base della logica GIS hanno condotto a esiti formali e possibili soluzioni progettuali di cui, anche attraverso la modellazione tridimensionale, è stata valutata la compatibilità con la situazione reale (fig. 4). Un approccio integrato, dunque, che sfrutta la capacità dei software di modellazione parametrica di interagire con i dati implementati nel sistema GIS.

La metodologia proposta ha dunque quale obiettivo la validazione di un sistema di analisi applicabile ogni qual volta sia necessario intervenire, all'interno di un tessuto urbano già consolidato, con la creazione, o l'implementazione, di una rete a impianto lineare, che nello specifico si concre-

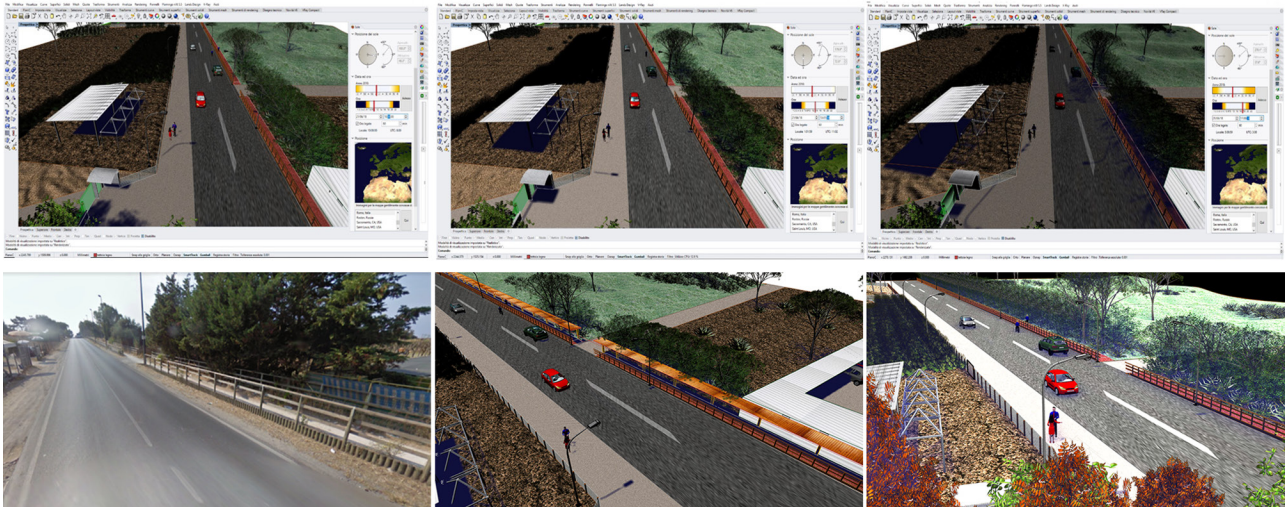


Fig. 4. Simulazioni interattive dell'ombreggiamento della rete ciclabile del tratto litoraneo compreso tra Eboli e Capaccio-Paestum, a supporto di future scelte progettuali (elaborazioni grafiche di Gerardo Virgilio Calzaretta, coordinamento di Barbara Messina).

tizza in una serie di piste ciclabili. Ciò con l'intento di valutare preliminarmente, mediante considerazioni di natura grafico-analitica, la compatibilità delle scelte effettuate in fase di progetto con una serie di contingenze urbane e territoriali specifiche, delle quali occorre inevitabilmente tenere conto.

Un approccio pratico: la rete ciclabile del litorale di Paestum

Il contesto dell'area litoranea ed entroterra a ridosso del sito archeologico di Paestum, tra il Comune che lo ospita e quelli immediatamente a esso limitrofi, rappresenta quindi una occasione di test per verificare la possibilità di integrare approcci tipici della rappresentazione e della gestione informativa d'area vasta con strumenti e dinamiche tipiche del *visual scripting*. In tal senso, sfruttare le possibilità che la modellazione parametrica, nella sua accezione più generalizzata, offre grazie a sfumature sempre più specifiche e di dettaglio in termini algoritmici sottesi, appare oggi di una efficacia sostanziale; specie laddove sia necessario dare corpo a flussi operativi attraverso strumenti che superano il confine della asettica e poco interattiva programmazione

tradizionale, per sviluppare più layout di facile utilizzo ma non meno oggettivi e scientificamente coerenti del *computing* puro [Brown, Knopp 2008].

Nell'ambito dell'elaborazione della procedura operativa finalizzata alla individuazione di tracciati ciclabili attraverso un processo semiautomatico [Messina, D'Agostino 2011], assunto il riuso della viabilità già in essere quale ipotesi di partenza, è apparso innanzitutto opportuno graficizzare vettorialmente le strade che interessano il Comune di Capaccio-Paestum, prescindendo in una prima fase dalla relativa tipologia e, conseguentemente, dalle caratteristiche geometriche e di utilizzo veicolare. Come accennato, oltre all'evidente interesse per un territorio denso di elementi singolari adeguati a una proposta di loro messa in rete, la scelta di sperimentare in tale area la metodologia descritta trova quale ulteriore motivazione la progettazione esecutiva sviluppatasi negli ultimi anni di un tracciato ciclo-pedonale lungo l'asse litoraneo della viabilità ordinaria. Ciò ha condotto a ragionamenti volti alla comprensione circa l'attuabilità di scelte alternative a quelle che hanno trovato materiale attuazione o a scelte che, integrandosi con esse, proponessero un possibile irradiamento della viabilità lenta anche al di là della linea di costa [Passigato et al. 2008].

In particolare, l'idea è stata quella di testare processi che, dallo studio di area vasta, muovessero verso la costituzione di un database in cui far confluire modelli digitali, accanto a dati meramente oggettivi. Va a questo proposito segnalato che le elaborazioni tridimensionali, *output* di un'analisi spaziale, sono concepite al tempo stesso come dati in ingresso di ulteriori fasi, a scale più particolareggiate, per esprimere modelli parametrico-generativi puntuali, intesi quali spunti di massima e suscettibili di divenire proposte progettuali raffinati e finalizzate a una loro ingegnerizzazione.

Al fine della costruzione del database di contesto, utile all'identificazione della rete stradale esistente adatta a ospitare un percorso ciclabile, il flusso di lavoro ha richiesto una preliminare digitalizzazione del repertorio cartografico disponibile che, assieme poi ai dati puntuali ottenuti attraverso campagne di rilievo *in situ*, ha concor-

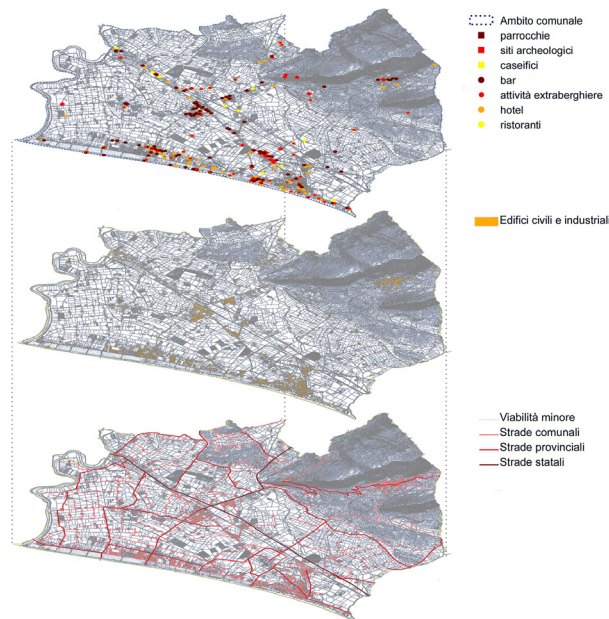


Fig. 5. Il territorio di Capaccio-Paestum (SA). Overlay delle criticità presenti nell'area di riferimento (viabilità e insediamenti civili e produttivi) messe in relazione agli elementi puntuali attrattori, oggetto dell'analisi spaziale (elaborazione grafica di Pierpaolo D'Agostino).

so alla caratterizzazione di contesto. In tal senso, quindi, l'intera rete stradale è stata correlata a un database grafo-numerico – tipicamente collezionato all'interno di un formato interoperabile *GIS oriented* – relativo invero solo a parte della rete viaria esistente: è stato infatti posto come vincolo progettuale e operativo quello di escludere dalle elaborazioni spaziali la viabilità di tipo extraurbano e quella urbana di scorrimento, tanto in ragione delle elevate velocità di progetto quanto in relazione al tipo di sezione stradale e delle fasce pertinentziali, nei fatti inadeguate alla compresenza di traffico veicolare e ciclabile. Analogo destino per la viabilità minore, sostanzialmente corrispondente alla rete di penetrazione alle proprietà private, apparsa poco significativa per l'individuazione di una percorrenza ciclabile di tipo pubblico.

La rete stradale residua, definitivamente suscettibile di essere processata in algoritmi di analisi spaziale, è stata dunque relazionata al database puntuale degli elementi rilevanti del territorio indagato. La densità territoriale di tali elementi – distinti in attrattori e criticità – è stata ottenuta attraverso una specifica analisi di distanza euclidea. Quest'ultima è stata utilizzata per definire l'area di influenza di ciascun attrattore, ossia presenze – graficizzate come punti e organizzate per categoria in culturali, ricettive, produttive e commerciali – capaci di "calamitare" flussi turistici, e conseguentemente di orientare la percorribilità viaria sul territorio del Comune di Capaccio-Paestum. I risultati sono stati quindi riportati in una *raster grid* definita *ad hoc* in cui sono state inoltre calcolate le distanze tra gli attrattori, assumendo la soglia di 1 km come limite oltre il quale un utente non è normalmente disposto a percorrere un tratto a piedi, scegliendo altri vettori di trasporto. Risultato di tale processo sono quindi le fasce entro cui può essere opportuno localizzare la viabilità ciclabile onde garantire una rete adeguata a collegare gli elementi che potenzialmente muovono i principali flussi turistici dell'area (fig. 5). Contraltare alla definizione territoriale e spaziale dei punti attrattori è stata l'individuazione di quelle intese come "criticità": si tratta di condizioni, puntuali o areali, ritenute invalicabili in bicicletta, in alcuni casi perché in esse è fisicamente ostruito il passaggio, in altri per la presenza di una serie di fattori che ne rendono faticosa la percorrenza, o pericoloso l'utilizzo delle due ruote in relazione alle caratteristiche geometriche degli archi stradali. Nella fattispecie, le principali criticità antropiche e naturali individuate e classificate sono state la pendenza del territorio e la densità dell'edificato urbano. La prima, in particolare, è desumibile

dall'orografia ricostruita dal *heightfield shape* poligonale di interpolazione almetrica, identificando le aree che risultino al di sotto del 15%, corrispondente al limite oltre il quale un ciclista non professionista non riesce a percorrere agevolmente una salita.

Analoghe considerazioni, seppure condotte con funzioni di analisi spaziale differenti, sono state poste alla base del ragionamento per la perimetrazione della criticità legata all'edificato urbano. A tale scopo, un'analisi di *kernel density* ha tenuto conto della distribuzione sul territorio dei fabbricati, consentendo l'individuazione delle aree di influenza in cui il tessuto tende maggiormente ad infittirsi. Sono stati presi in considerazione esclusivamente i fabbricati per civile abitazione e di tipo industriale: è per essi che infatti si è ritenuta più probabile l'interferenza tra viabilità carrabile e ciclopedonale, atteso che per categorie diverse (quali fabbricati rurali, serre, costruzioni provvisorie) si producesse un limitato impatto sulla viabilità ciclabile, sia in virtù delle ridotte dimensioni, sia perché in genere si tratta di strutture non dislocate in maniera da generare pericolose intersezioni di traffico veicolare.

La vettorializzazione delle *buffer zone*, intese quali fasce di involuppo delle densità di criticità, ha permesso di visualizzare – all'interno della rete stradale potenzialmente adatta a ospitare la viabilità ciclabile in funzione delle sole caratteristiche stradali – tutti i tratti nei quali evitare il passaggio ciclabile o pedonale. Sono stati, quindi, estrapolati gli archi 'mappabili', ossia i soli che, anche nel rispetto delle condizioni sfavorevoli precedentemente descritte, risultassero realmente compatibili con la presenza di piste ciclabili.

La rete ciclabile ricavata mediante la procedura descritta è stata quindi confrontata con la rete di progetto elaborata dall'Ente amministrativo competente, verificandone l'efficacia per la buona, seppur non totale, sovrapposibilità tra *output* della metodologia operativa descritta e scelta progettuale (fig. 6).

I processi descritti, classicamente dominio di applicazioni *GIS oriented*, hanno trovato negli strumenti di modellazione algoritmico-generativa un nuovo mezzo operativo per la costruzione di analisi che più direttamente, e senza passaggi intermedi, possano evolvere in stretto legame con la relativa elaborazione di modelli solidi. Ciò grazie alla gestione, all'interno di un flusso di lavoro, di dati che direttamente agiscono sulle condizioni di fatto, attraverso una loro modificazione, producendo quindi la messa in forma e l'articolazione di nuove conformazioni finalizzate all'intervento progettuale. In particolare, questi strumenti



Fig. 6. Confronto tra l'analisi spaziale e il contesto attuale. In verde, l'esito del processo semiautomatico di analisi compiuta per l'individuazione di possibili tracciati ciclo-pedonali e, in rosso, il reale assetto dei tracciati esistenti o in via di esecuzione (elaborazione grafica di Pierpaolo D'Agostino).

hanno dimostrato e dimostrano ampiamente la loro efficacia anche solo quando ci riferisca, nella necessità di dare corpo ad azioni di progetto che dalla scala vasta scendano a quella di dettaglio, al primo dimensionamento di elementi architettonici e civili insistenti su specifiche aree di intervento.

Non solo, ma la varietà di strumenti operativi forniti dai più diffusi modellatori parametrico-generativi – anche in relazione all'inserimento di dati territoriali e d'area vasta nei processi generativi – permette di confrontare e valutare, *ex ante*, pro e contro di differenti ipotesi progettuali. In effetti le potenzialità di resa procedurale proprie dei processi algoritmici sono in grado di fornire soluzioni che, nel rispetto di vincoli imposti in *visual scripting* e dei dati in ingresso, forniscono inedite soluzioni difficili da prefigurare e conformare in un iter tradizionale di collezione di input progettuali. Occorre poi notare che mentre l'approccio progettuale tradizionale ricorre alla simulazione dello spazio progettato quale strumento valutativo, in un processo di *decision making* atto a fornire un'unica soluzione, il nuovo approccio ha definitivamente chiarito, ma

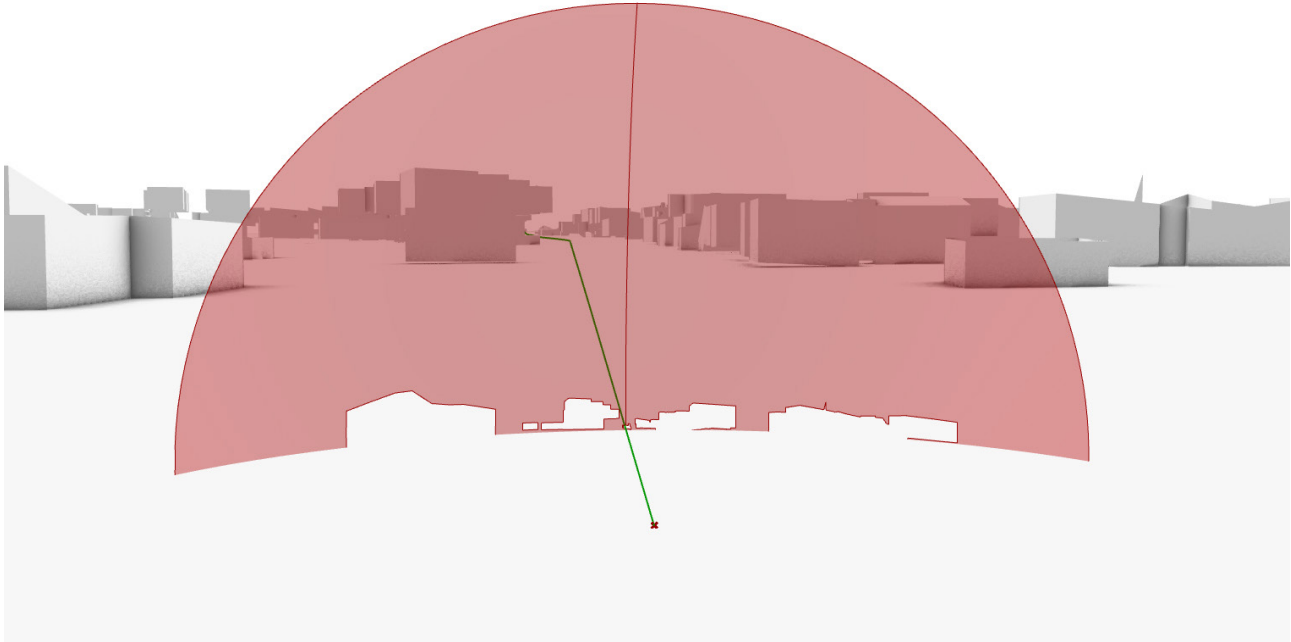


Fig. 7. Esempificazione finalizzata alla comprensione dell'impatto visivo del contesto di contorno a un punto di riferimento su di un tracciato viario. In verde, la mezzeria del tratto percorso; in rosso, l'area di impressione simulata del campo visivo e dei relativi fabbricati offerti alla percezione di un utente (elaborazione grafica di Pierpaolo D'Agostino).

non standardizzato, come la potenziale offerta di svariate soluzioni – derivanti da una molteplicità di dati in ingresso – può divenire strumento aggiuntivo per i decisori. Così, nell'ambito della sperimentazione condotta, si è verificata la possibilità di affinare ancor più la capacità di controllo grafico derivante dagli strumenti digitali che la rappresentazione mette oggi a nostra disposizione, inserendo in ingresso dati relativi alla visibilità dei sistemi viari [Vanky 2016]. Si è dunque costruita una infrastruttura digitale in grado di simulare il campo visivo di un conducente virtuale, al fine di comprendere se e come dover intervenire puntualmente per migliorare condizioni che, prima definite criticità nel puro sistema GIS generato alla scala territoriale, sono invero suscettibili di trovare una soluzione di dettaglio nella modifica delle configurazioni geometriche di intersezioni stradali e punti di interferenza intermodale (figg. 7, 8).

Conclusioni

Il contributo proposto, soffermandosi sugli esiti di alcune sperimentazioni condotte sulla rete ciclabile del litorale campano presente tra Eboli e Capaccio-Paestum, ha inteso sviluppare e verificare l'implementazione di una procedura digitale atta a creare e tracciare, in forme semi-automatiche e interoperabili, impianti dallo sviluppo lineare connotati da precise caratteristiche e compatibili con i requisiti morfologici di specifici ambiti territoriali.

Un approccio digitale, dunque, in grado di definire l'andamento di percorsi – quali ad esempio le piste ciclabili, oggetto specifico d'indagine – sulla base di una serie di informazioni e vincoli inseriti come dati in input nel sistema digitale predisposto [Cooper 2017; Terh, Cao 2018]. I risultati dell'approccio descritto sono stati convalidati confrontando i percorsi già esistenti in un dato contesto con

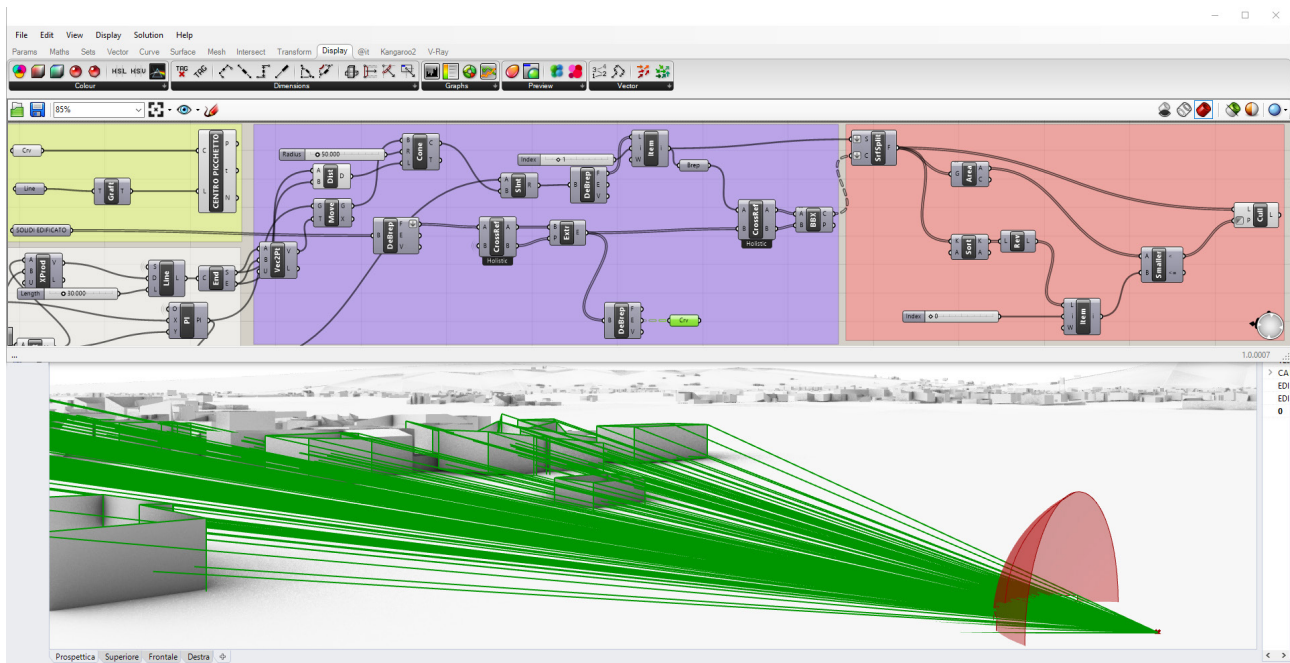


Fig. 8. Sintesi dell'interfaccia di lavoro, riportante lo sviluppo del visual scripting costruito e dell'esito completo dell'analisi in relazione a un punto di vista selezionato ad esemplificazione (elaborazione grafica di Pierpaolo D'Agostino).

quelli generati automaticamente dal sistema, per verificare eventuali punti di forza e criticità delle diverse metodologie progettuali seguite. Modelli digitali di virtualizzazione definiti *ad hoc* che illustrano, dunque, come un sistema di informazioni geografiche possa essere utilizzato nella gestione e nella convalida delle scelte progettuali implicanti cambiamenti in un determinato contesto. Nello specifico, la metodologia operativa suggerita registra e integra informazioni geografiche e condizioni al contorno derivanti da svariati fattori esterni, per pervenire infine a simulazioni grafiche in grado di classificare, rappresentare e interpretare un ambito territoriale sulla base di relazioni sincroniche e diacroniche tra i suoi elementi antropici, naturali e ambientali [Maantay, Ziegler 2006].

Il lavoro mira dunque a definire un processo digitale che si configura quale strumento di utile consultazione in tutti i casi in cui sia necessaria un'analisi integrata

di dati "multilivello" a supporto di una progettazione multiscalare. Il che può contribuire a trasformare un determinato luogo nel rispetto delle sue specificità, anche attraverso il ricorso ad approcci che, derivanti da procedimenti GIS, trasformano il relativo *output* in *input* analitico per le valutazioni algoritmiche. Ciò risulta particolarmente utile sia per produrre analisi 2.5D, nelle quali il descrittore graficizzato comunque si fa forte di analisi compiute nel dominio tridimensionale, sia nella rappresentazione del fenomeno e del dato indagato, ricorrendo al *visual scripting* per la messa in relazione tra dati raster e vettoriali. Il risultato è l'ampliamento conoscitivo di condizioni e fenomeni attraverso nuovi set informativi, talvolta alternativi a taluni processi di *spatial analysis* [Ratti, Sommer 2012]. Un mutuo contributo che aumenta l'utilità di un lavoro interoperabile che vede, nel passaggio dalla modellazione meramente

a servizio delle dinamiche rappresentative tradizionali, il superamento della statica produzione cartografica utile al decisore finale che, nella plurima offerta di soluzioni e informazioni, trova un più agevole percorso verso la scelta definitiva.

Crediti/Ringraziamenti

Si ringraziano Luigi Di Lascio, Paolo Marchese e Gerardo Virgilio Calzaretta che, per la redazione del proprio elaborato finale di tesi (corso di Laurea triennale in Ingegneria

Civile, Università degli Studi di Salerno – relatore: Barbara Messina, correlatore: Pierpaolo D'Agostino) hanno contribuito alla raccolta dei dati poi implementati in ambiente GIS e con l'ausilio di modellatori parametrici (Rhinoceros e il relativo plug-in Grasshopper).

Il presente lavoro include i contributi individuali degli autori. Nello specifico, Barbara Messina ha descritto l'approccio metodologico adottato, da un punto di vista teorico (nel paragrafo: *Sistemi integrati per la rappresentazione di fenomeni urbani e territoriali*), mentre Pierpaolo D'Agostino ha descritto i processi operativi (nel paragrafo: *Un approccio pratico: la rete ciclabile del litorale di Paestum*).

Note

[1] L'acquisizione di metodologie di analisi e rappresentazione del territorio mediante sistemi digitali integrati appare, oggi, un obiettivo prioritario alla base della definizione del profilo professionale dell'ingegnere civile e ambientale. Alla Luce, infatti, del nuovo Codice dei contratti pubblici e del Decreto Ministeriale n. 560 del 1.12.2017, del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – che prevede “modalità e tempi di progressiva introduzione [...] dell'obbligatorietà dei metodi e degli strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e relative verifiche” – è in corso una revisione delle declaratorie delle classi dei corsi di laurea triennale (L7) e magistrale (LM35) in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio. Tale modifica muove nell'ottica di fornire, ai laureati di queste classi, conoscenze e competenze nell'uso di tecniche e strumenti di modellazione digitale integrata nell'ambito delle strutture e delle infrastrutture, nonché di metodiche sperimentali avanzate per la rappresentazione e l'analisi dei problemi caratteristici dell'ingegneria per l'ambiente e il territorio.

[2] I software per la modellazione parametrica, in generale, agevolano un confronto tra diversi scenari progettuali consentendo, degli oggetti rappresentati, modifiche rapide e visualizzabili in tempo reale sull'intero progetto. Anche l'implementazione di sistemi BIM per la modellazione del costruito, alla cui base risiede una logica di interrelazione tra database informativo e modello digitale analoga a quella delle piattaforme GIS, ha contribuito a rendere più efficace il processo di gestione di contesti territoriali o urbani, rendendo possibile per essi una lettura ampia e un controllo degli interventi previsti in ciascuna fase (progettazione, esecuzione, manutenzione).

[3] Sulla evoluzione dei sistemi GIS, sia con riferimento ai progressi tecnologici che alle potenzialità grafiche, molto si è dibattuto, in questi anni, in ambito nazionale e internazionale. Su tale argomento si segnalano, tra gli altri gli studi di Arctur e Zeiler [Arctur; Zeiler 2004], di Picon e Ratti [Picon, Ratti 2019], nonché di Muzzarelli [Muzzarelli 2016].

[4] Sulla diffusione e le sperimentazioni in tale direzione si confrontino gli studi di Geertman e Stillwell [Geertman, Stillwell 2003], di Campagna [Campagna 2014], e di Di Cesare [Di Cesare 2016].

[5] La modellazione digitale ha permesso, ad esempio, di verificare con simulazioni interattive quali tratti dei percorsi ciclabili esistenti richiedessero sistemi di ombreggiamento e, allo stesso tempo, di confrontare più soluzioni progettuali. Nell'esempio in figura 4 sono illustrate due delle tre opzioni considerate: la prima consistente nella predisposizione di sistemi frangisole, la seconda nella piantumazione di specie arboree adeguate allo scopo di proiettare ombra sul tracciato viario, la terza nella deviazione del percorso ciclabile all'intero della pineta esistente. Le simulazioni grafiche hanno consentito, in tutti i casi di verificare *ex ante* le ipotesi formulate, consentendo quindi ai progettisti una scelta più consapevole.

[6] Con specifico riferimento all'area indagata, l'analisi spaziale – condotta per via grafica sia in forma bidimensionale che tridimensionale – è stata finalizzata a individuare aree che si prestassero a ospitare percorsi ciclabili. Le condizioni poste alla base delle considerazioni grafiche sono state la presenza di determinati “attrattori” turistici e l'assenza di “criticità” significative. Ad esempio, per la zona litoranea prossima ai lidi balneari, è stata verificata la sussistenza o meno di un eccessivo carico dei percorsi potenzialmente adeguati, in funzione del numero di presenze di turisti che qui si registrano nei diversi periodi dell'anno. Più precisamente, individuati quali fulcri dell'analisi spaziale gli aggregati di abitazioni presenti nella fascia costiera, di cui una parte esclusivamente destinata al turismo estivo, sono state innanzitutto stimate le presenze nei vari mesi, al fine di valutare l'andamento della densità abitativa prevista nel corso dell'anno. In particolare, rappresentate le aree di “influenza” di estensione variabile al variare della densità abitativa (graficizzate quali conferenze con il centro posto in corrispondenza dei principali aggregati abitativi e raggio pari al dato numerico associato alla densità), sono state delimitate quelle aree ritenute critiche perché eccessivamente trafficate – derivate dalla sovrapposizione di due o più conferenze – e, quindi, non idonee a un attraversamento ciclabile.

Autori

Barbara Messina, Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno, bmessina@unisa.it

Pierpaolo D'Agostino, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Napoli "Federico II", pierpaolo.dagostino@unina.it

Riferimenti bibliografici

Arctur, D., Zeiler, M. (2004). *Designing Geodatabases: Case Studies in GIS Data Modeling*. California, (U.S.A.): ESRI Inc.

Bonora, P. (a cura di). (2012). *Rappresentare la territorialità. Quaderni del territorio*. Bologna: Archetipo libri.

Brown, M., Knopp L. (2008). Queering the Map: The Productive Tensions of Colliding Epistemologies. In *Annals of the association of American Geographers*, vol. 98, n. 1, pp. 40-58.

Campagna, M. (2013). Geodesign, sistemi di supporto al piano e metapianificazione. In *DisegnareCon*, vol. 6, n. 11, pp. 133-140.

Campagna, M. (2014). Geodesign: dai contenuti metodologici all'innovazione nelle pratiche. In *Atti della XVII Conferenza Nazionale SIU. L'urbanistica italiana nel mondo*. Milano, 15-16 maggio 2014. Roma-Milano: Planum Publisher, pp. 71-76.

Cardone, V. (2015). *Modelli grafici dell'architettura e del territorio*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli editore.

Centofanti, M., Brusaporci, S. (2011). Il disegno della città e le sue trasformazioni. In *Città e Storia*, anno IV, n. 1, pp. 151-187.

Chias Navarro, P. Papa, L.M. (a cura di). (2019). *DisegnareCon*, vol. 12, n. 22, "Drawing the territory and the landscape".

Cooper, C.H.V. (2017). Using spatial network analysis to model pedal cycle flows, risk and mode choice. In *Journal of Transport Geography*, n. 58, pp. 157-165.

de Silva F.N., Eglese, R.W. (2000). Integrating simulation modelling and GIS: spatial decision support systems for evacuation planning. In *Journal of the Operational Research Society*, vol. 51, n. 4, pp. 423-430. <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1057/palgrave.jors.2600879>> (consultato il 26 settembre 2019).

Di Cesare, E.A. (2016). *Geodesign and metaplaning: advanced planning support systems development*. Milano: Franco Angeli.

Du, R., Santi, P., Xiao, M., Vasilakos, A.V., Fischione, C. (2019). The sensible city: A survey on the deployment and management for smart city monitoring. In *Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, n. 2, pp. 1533-1560. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8533352>> (consultato il 23 settembre 2019).

Fistola, R. (2009). *GIS. Teoria ed applicazioni per la pianificazione, la gestione e la protezione della città*. Roma: Gangemi editore.

Geertman, S., Stillwell, J. (eds.). (2009). *Planning Support Systems: Best Practice and New Methods*. Dordrecht: Springer.

<<http://cityform.gsd.harvard.edu/videos>> (consultato il 26 settembre 2019).

<<https://morphocode.com/visiting-mit-senseable-city-lab-singapore/>> (consultato il 10 settembre 2019).

<<http://senseable.mit.edu/>> (consultato il 23 settembre 2019).

Llopis Verdú, J., Serra Lluch, J., Torres Barchino, A. (2019). Digital diagrams and urban and territorial cartography. Contemporary schematic depictions of immateriality. In *DisegnareCon*, vol. 12, n. 22, pp. 12.1-12.18.

Maantay, J., Ziegler, J. (2006). *GIS for the urban environment*. California (U.S.A.): ESRI Inc.

Marotta, A., Novello, G. (a cura di). (2015). *Atti del 37° Convegno internazionale dei Docenti delle discipline della Rappresentazione "Disegno & Città."* Cultura, Arte, Scienza, Informazione. Torino, 17-19 settembre 2015. Roma: Gangemi editore.

Martone, M. (2007). *La rappresentazione per la conoscenza dell'ambiente e del territorio*. Roma: Kappa editore.

Messina, B., D'Agostino, P. (2011). A GIS approach to monitor territorial transformations: digital assessment of the cycle paths in Paestum. In *Proceedings of the IMProVe 2011. International conference on Innovative Methods in Product Design*. Venice, 15th-17th of June 2011, pp. 913-919. Padova: Libreria Cortina.

Mingucci, R., Moura, A.C.M. (a cura di). (2013). *DisegnareCon*, vol. 6, n. 11, "GIS & Disegno urbano."

Moura, A.C.M. (2013). Progettazione paesaggistica o parametrizzazione? Recenti tendenze in geo-tecnologie per la rappresentazione e pianificazione del territorio urbano. In *DisegnareCon*, vol. 6, n. 11, pp. 3-10.

Muzzarelli, A. (2016). GIS e strumenti innovativi dell'analisi del territorio. In *Ingenio*, gennaio 2016, pp. 1-11. <<https://www.ingenio-web.it/5241-gis-e-strumenti-innovativi-dellanalisi-del-territorio>> (consultato il 10 aprile 2019).

Novello, G. (2002). Nuove forme e modelli per la conoscenza dell'ambiente e del territorio: metodi e pratiche di rappresentazione. In *Disegno e Design digitale*, pp. 5-9.