



Planum. The Journal of Urbanism | www.planum.net

Urbanistica Parametrica: una nuova frontiera delle Smart Cities

Paolo Fusero, Lorenzo Massimiano, Arturo Tedeschi,
Sara Lepidi *

by *Planum. The Journal of Urbanism*, September 2013
no. 27, vol. 2/2013 (II Semester 2013) **
ISSN 1723-0993

* Paolo Fusero, Professore Ordinario di Urbanistica presso l'Università G. d'Annunzio di Chieti-Pescara, Facoltà di Architettura, e-mail: p.fusero@unich.it; Lorenzo Massimiano, Dottorando in Urbanistica presso l'Università G. d'Annunzio di Chieti-Pescara, Facoltà di Architettura, E-mail: massimiano.lorenzo@gmail.com; Arturo Tedeschi, Ricercatore indipendente, dal 2012 co-direttore dell'Architectural Association Rome Visiting School, E-mail: info@arturotedeschi.com; Sara Lepidi, Laureanda Corso di Laurea in "Pianificazione del Territorio e dell'Ambiente", a.a. 2012-13, Università G. d'Annunzio, E-mail: sara.lepidi@gmail.com.

** Questo articolo deve essere citato come segue: Fusero P., Massimiano L., Tedeschi A., Lepidi S., (2013), "Parametric Urbanism: A New Frontier for Smart Cities", *Planum. The Journal of Urbanism*, no. 27. vol. 2/2013, pp. 1-13.

Abstract

Il fenomeno Smart Cities si sta imponendo, nell'opinione pubblica e nelle agende politiche internazionali, come risposta innovativa alle esigenze di aumentare l'efficienza delle città del futuro: incrementarne le prestazioni diminuendone i consumi. La mole di dati e di rilevazioni in tempo reale che le nuove tecnologie ci mettono a disposizione per studiare i fenomeni urbani (mobile phone, videocamere urbane, reti di sensori, navigatori satellitari, centraline digitali, GIS, wifi, smart grids, etc.) fatica a trovare riscontro in un utilizzo sistematico, selettivo e soprattutto finalizzato da parte di architetti e urbanisti, quasi come se le innovazioni nel settore ICT fossero più veloci della nostra capacità di saperle utilizzare.

In questo scenario una nuova frontiera di ricerca può essere rappresentata dall'utilizzo nella progettazione urbanistica di software parametrici, ovvero di strumenti in grado di generare la forma come risultato di processi logici adattivi, a partire dall'elaborazione di informazioni e dati selezionati. Attraverso l'utilizzo di piattaforme parametriche, il progetto non rappresenta una risposta univoca ad un insieme prestabilito di condizioni, ma diventa un modello "dinamico" in grado di rispondere ed adattarsi rapidamente agli input del progettista.

Obiettivo del paper è quello di delineare un possibile percorso di ricerca che applichi le tecniche e le metodologie parametriche in campo urbanistico, non solo per la simulazione alla scala urbana di quanto si sta cominciando a fare nel campo architettonico e del design, ma per coadiuvare il planner e le pubbliche amministrazioni nel processo di decision making per la formazione degli strumenti urbanistici.

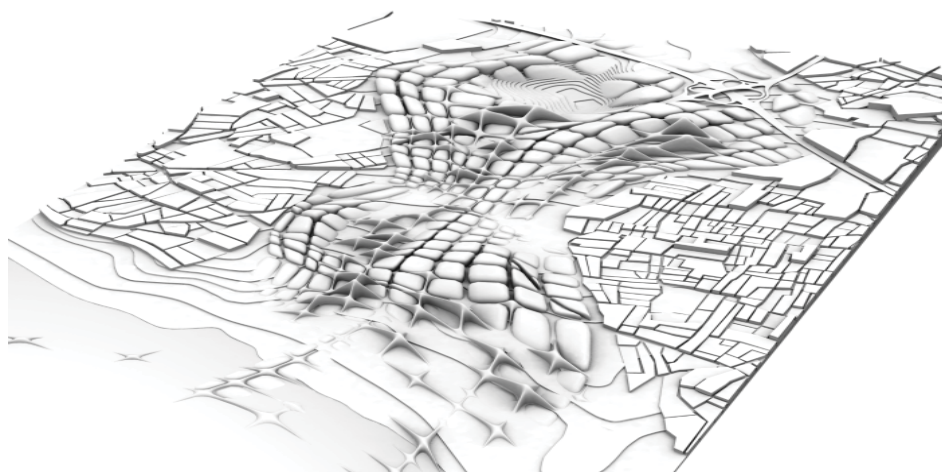


Figure 1. Kartal-Pendik Masterplan, Zaha Hadid Association, Modello tridimensionale

Nel giro di pochi anni il concetto di Smart Cities si è evoluto da una rappresentazione evocativa di futuribili metropoli digitali, ad un termine inflazionato utilizzato per indicare processi virtuosi di qualsiasi natura: economici, ambientali, tecnologici, sociali, etc. Sembra quasi che oggi nessuna attività umana che si voglia qualificare in termini positivi possa rinunciare all'aggettivo "smart".

Ciò induce ad una riflessione: da un lato che il pensiero Smart applicato alle città ed i territori sia diventato "trendy" può essere ritenuto un fatto positivo, dato che contribuisce a sensibilizzare l'opinione pubblica su tematiche come la sostenibilità ambientale e l'innovazione tecnologica. Dall'altro lato il fenomeno Smart induce disorientamento a causa dell'abuso del termine e della conseguente diluizione dei suoi contorni scientifici.

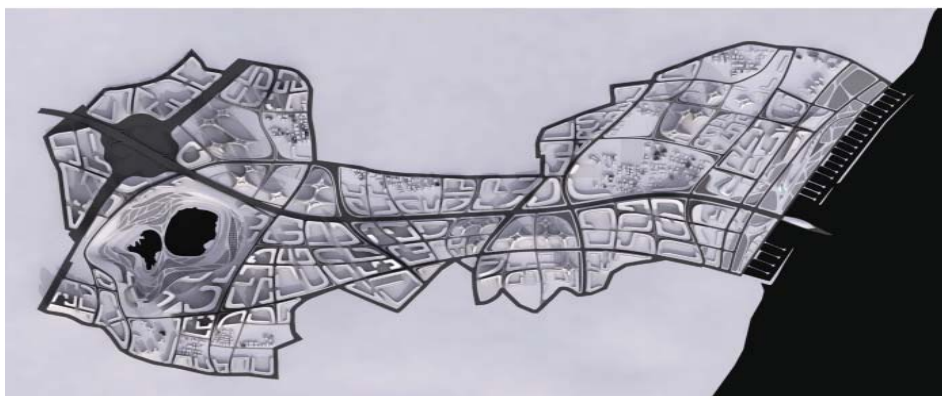


Figura 2. Kartal Pendik Masterplan, Istanbul, Zaha Hadid Architects

Il progetto interuniversitario "European Smart Cities"¹, che si occupa proprio di definire il concetto di Smart Cities e di elaborare una sorta di graduatoria di città europee "intelligenti", definisce smart quelle città che "perseguono il miglioramento delle loro performance su sei assi strategici: 1) smart economy, 2) smart mobility, 3) smart environment, 4) smart people, 5) smart living, 6) smart governance". Una definizione così ampia lascia intendere quanto il tema si sia dilatato dalle prime riflessioni di W.J. Mitchell in *E-topia*² alla fine degli anni novanta, focalizzate sulle reti digitali e sui cambiamenti indotti nelle città del futuro dalle innovazioni ICT.

Di recente i filoni di ricerca inerenti le Smart Cities si sono arricchiti di una nuova frontiera: il parametricismo applicato alla progettazione e alla gestione della città. Pensiamo alle sperimentazioni di Zaha Hadid a Istanbul (Kartal Pendik Masterplan), a quelle di Carlo Ratti nel deserto del Riad in Arabia Saudita (King Abdullah City Masterplan), al progetto di housing a Seul dell'Urban Future Organization (Voronoi City), alle ricerche condotte da Patrick Shumacher nel Design Research Lab

1 Progetto "European Smart Cities", <http://www.smart-cities.eu/>, Centre of Regional Science at the Vienna University of Technology, OTB Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies at the Delft University of Technology and the Department of Geography at University of Ljubljana.

2 W.J. Mitchell (1999), "E-topia: Urban Life, Jim – But Not As We Know It", MIT Press, Massachusetts. Gli smart places, secondo Mitchell, sono quei luoghi "in cui è possibile connettersi a reti digitali, dove il flusso di informazioni sotto forma di bit scorre abbondantemente ed il mondo fisico e quello digitale si sovrappongono". Questi luoghi, a loro volta, sono abitati da smart people, ovvero da "persone capaci di utilizzare a proprio vantaggio le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie, con un alto grado di flessibilità, capaci cioè di concentrare la propria creatività ed il proprio talento nella produzione di innovazione".

della Architectural Association di Londra, e a diverse altre esperienze che alcuni gruppi di ricerca stanno svolgendo a livello internazionale.



Figura 3. King Abdullah City Masterplan, Carlo Ratti Associati

Dal nostro punto di vista una frontiera ancora meno esplorata, e quindi ancora più interessante, è quella che potremmo definire l'Urbanistica Parametrica, ossia l'utilizzo dei software parametrici nella progettazione urbanistica, non solo per la rappresentazione tridimensionale di progetti alla scala urbana (come gli esempi citati prima), ma proprio nel processo di formazione degli strumenti urbanistici, come strumento di ausilio al pianificatore per valutare scenari diversificati e prendere decisioni motivate.

Ad esempio ci piacerebbe capire quale contributo possono dare i tools parametrici alla costruzione di modelli perequativi efficaci (opzioni sulle permutate, flessibilità distributive, etc.), oppure quale ausilio possono offrire per razionalizzare la distribuzione dei servizi sul territorio in base alle reali esigenze degli utilizzatori, superando di fatto le regole quantitative del Decreto Ministeriale 1444/68. O ancora la simulazione di scenari alternativi delle trasformazioni urbane in base alla scelta di differenti tipologie edilizie o densità abitative (pensiamo ad esempio agli effetti dell'applicazione del Decreto Sviluppo in Italia e dei conseguenti premi di cubatura). Oppure la ottimizzazione di opzioni infrastrutturali diversificate: viabilità, parcheggi, mobilità... Ma procediamo per gradi.

Cominciamo innanzitutto con il chiarire alcuni concetti chiave della progettazione parametrica.

Dal pensiero tipologico a quello procedurale

L'utilizzo del computer in ambito progettuale ha accelerato una direzione di ricerca che affonda le sue radici culturali nelle avanguardie degli anni sessanta ed è approdata recentemente all'elaborazione di apparati teorici costruiti intorno ad una concezione che avvicina l'architettura ai sistemi in evoluzione ed ai meccanismi di autoregolazione. Tale ricerca è sostanzialmente incentrata sul passaggio paradigmatico dal concetto di tipo a quello di processo con il superamento della logica compositiva a vantaggio di una visione "neo-positivista" fondata su una molteplicità di elementi interconnessi (oggetti, materiali, dati) dove la variazione del singolo elemento è in grado di modificare, attraverso una propagazione di effetti, l'intero organismo architettonico o urbano. La forma finale resta, pertanto, un output della procedura, quasi come se fosse un'incognita del sistema. La progettazione si trasforma in una sorta di disegno di "regole intelligenti".

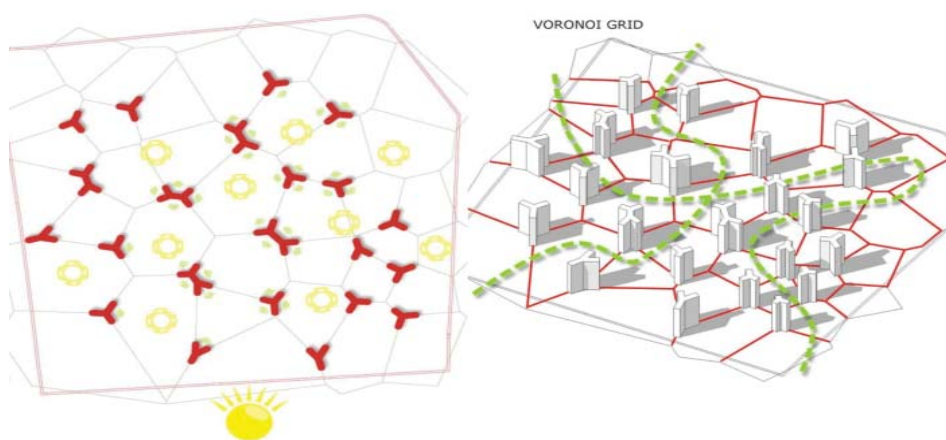


Figura 4. Voronoi City Seoul, Urban Future Organization, schema progettuale

“Invece di mettere insieme rigide ed ermetiche figure geometriche, il parametricismo avvicina componenti malleabili in un gioco dinamico di mutue risposdenze e di adattabilità al contesto. I processi chiave della progettazione sono costituiti dalla variazione e dalla correlazione”³.

La reciproca fecondazione tra teoria architettonica e possibilità offerte dal digitale ha consentito di estendere rapidamente l'utilizzo del computer che da semplice strumento produttivo (finalizzato alla velocizzazione di operazioni) si è evoluto in un sistema di controllo raffinato, consentendo inedite esplorazioni formali. L'introduzione in ambito progettuale di complesse tecniche di programmazione e dei software parametrici ha offerto ai progettisti possibilità inattese, al punto da rendere quasi imprevedibili gli effetti di tali strumenti sulle simulazioni progettuali effettuate.

Operando un'estrema semplificazione, i software parametrici possono essere considerati come una piattaforma di programmazione - operante all'interno di CAD tridimensionali - in grado di generare la forma mediante la definizione di un diagramma concettuale che diventa l'"elaborato" principale sviluppato dal progettista.

3 Patrik Schumacher, "The Parametric City", in Zaha Hadid - Recent Projects, A.D.A. Edita, Tokyo 2010.

Tale diagramma esplicita i legami associativi in input tra i diversi dati e genera, in output, un sistema di forme dinamico e modificabile.

From Reactivity to Proactivity

Le reti di comunicazioni, i sensori e gli smart objects sono in grado di raccogliere consistenti masse di dati filtrati attraverso software specifici con il preciso compito di organizzarli e facilitarne la comprensione. Una delle sfide da parte delle multinazionali del digitale negli anni futuri, sarà proprio quella di sviluppare idonei sistemi in grado di mettere in relazione dati eterogenei al fine di creare modelli previsionali innovativi. Tali modelli non saranno più elaborati con metodi statistici, ma attraverso una valutazione real-time di parametri significativi ed indicatori in grado di influenzare il processo di progettazione alla scala urbana.

Ad esempio, la lettura incrociata di dati come l'alfabetizzazione informatica, l'offerta di servizi on line ed il relativo feedback da parte degli utenti, potrebbe suggerire il decentramento territoriale di servizi che potrebbero non richiedere più un rapporto diretto con gli utenti. Così come i dati legati al co-working, messi in relazione con parametri correlati potrebbero restituire importanti indicazioni sulla mobilità urbana e sui consumi energetici. O ancora i dati provenienti da sensori esterni che misurano la qualità dell'aria, il soleggiamento, la ventilazione, l'inquinamento acustico, etc. potrebbero indicare soluzioni che ottimizzino l'efficienza energetica ed il comfort degli insediamenti urbani progettati.

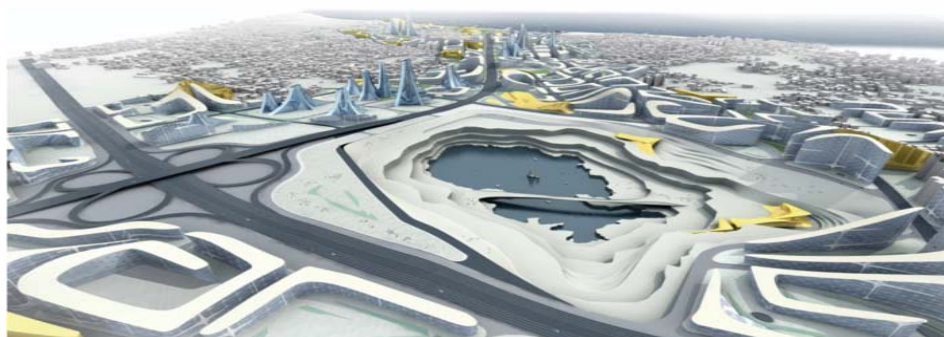


Figura 5. Kartal Pendik Masterplan, Istanbul, vista a volo di uccello

All'interno di scenari di questo tipo, i software parametrici potrebbero addirittura diventare strumenti utili per sperimentare un "nuovo modello di Piano Urbanistico", non più costituito solo da una serie di elaborati di "routine" prodotti per soddisfare imposizioni normative, ma anche da una rappresentazione tridimensionale dinamica, costantemente aggiornata da smart data che assumerebbe, pertanto, un ruolo "proattivo" anticipando i fenomeni in atto ed i cambiamenti futuri per porre in essere rapide ed opportune azioni decisionali. Non si tratterebbe dunque di un sistema tradizionale "reattivo" controllato da meccanismi decisionali consequenziali, ma quasi di un nuovo paradigma di pianificazione supportato da un'intelligenza collettiva frutto di scelte, decisioni, interazioni tecnologicamente supportate e veicolate.

“Le medesime risorse astratte e le tecniche computazionali che consentono ai meteorologi di ricostruire le previsioni atmosferiche globali e agli scienziati di studiare i mutamenti del clima sono accessibili anche agli urbanisti e agli architetti per affrontare le sfide della riorganizzazione socioeconomica della città postfordista⁴.”

L'utilizzo di software parametrici può quindi offrire al progettista uno strumento di grande interesse con cui misurarsi per sperimentare nuove metodologie progettuali. I progetti che utilizzano logiche parametriche si distinguono, nella forma e nei contenuti, da quelli elaborati seguendo metodologie tradizionali. La prima importante differenza è concettuale, come accennato prima: il risultato finale non è stabilito a priori dal progettista, ma si configura come l'esito di un processo di elaborazione di smart data selezionati. La seconda differenza è la vivacità del sistema che lo struttura; si passa, infatti, da un sistema statico ad uno dinamico, in cui il risultato formale non è più la cristallizzazione finale di un ragionamento, ma piuttosto un “fermo immagine” di un processo in continua evoluzione. Esso è generato in modo da poter reagire alle variazioni, adattandosi autonomamente agli stimoli che riceve grazie a delle regole stabilite dal progettista in fase di ideazione. In questo modo è il progetto che si evolve da sé, riuscendo quasi ad auto-organizzarsi⁵. E' chiaro, (lo diciamo per i più scettici che staranno già cominciando a storcere il naso pensando alla insostituibilità del momento “creativo” del progettista) che nonostante le loro capacità adattive, le piattaforme parametriche hanno sempre necessità di una selezione a priori dei dati da elaborare e proprio attraverso il controllo dell'input data, consentono al progettista di valutare soluzioni alternative intervenendo work in progress sul “fermo immagine”, modificandolo fino al soddisfacimento delle prestazioni qualitative desiderate.

La fase di selezione dei dati da elaborare e di controllo reattivo è dunque un punto cruciale di tutto il processo.



Figura 6. “Arduino” è una piattaforma hardware open source, semplice da usare, in grado di interagire con l'ambiente in cui si trova ricevendo informazioni da una grande varietà di sensori.

4 Patrik Schumacher, *Parametricism as Style* – ibidem

5 Brian Team Consulting. (s.d.). *Teoria della complessità*. Tratto il giorno 05 07, 2013 da <http://braint.net/>.

L'approccio parametrico alla progettazione urbanistica

Pur trovando una più immediata applicazione nei campi della composizione architettonica e del design, in cui il rapporto tra la forma e la funzionalità di un oggetto è più evidente, la modellazione parametrica si sta cominciando a sviluppare anche in ambito urbanistico⁶.

Già nella prima metà degli anni novanta alcuni studiosi cominciavano a sondare il terreno del parametricismo, probabilmente non immaginando le possibilità offerte dai nuovi software generativi, ma ricercando soluzioni incentrate su parametri quantificabili dei fenomeni urbani e sulle loro interrelazioni⁷. Lo sforzo fu quello di riconoscere i parametri costitutivi dei tessuti urbani, osservando i complessi processi che avvengono al loro interno, e cercare di cogliere le complementarità e le interrelazioni alla base di ogni sistema urbano, traducendole in regole matematiche definite da algoritmi. L'obiettivo era l'individuazione di processi virtuosi che una volta innescati potessero rendere il sistema capace di adattarsi a future esigenze di cambiamento, per le quali il progettista difficilmente poteva fare previsioni attendibili ex ante anche sulla base di sofisticate proiezioni statistiche.

Operare sul sistema urbano con queste metodologie significa sostanzialmente comprenderne il suo comportamento intrinseco: il processo di adattamento e di auto-organizzazione del sistema si innesca solamente se le regole impostate dal progettista sono capaci di condizionarne il comportamento, provocando una sorta di "squilibrio" nel sistema stesso, che induce ogni elemento che lo costituisce a ricercare un nuovo "equilibrio" che rispecchi le condizioni migliori di coesistenza con gli altri elementi.

Un esempio di come ciò può avvenire è rappresentato, nel campo della progettazione urbanistica, dal cosiddetto Swarm Urbanism⁸. Interessanti sono le sperimentazioni dello studio Kokkuggia, un gruppo di giovani architetti che utilizza la Swarm Intelligence come strumento di ricerca. Il loro interesse è finalizzato alla creazione di un sistema urbano flessibile che risponda ad una "intelligenza collettiva auto-organizzante". Non un Master Plan quanto piuttosto una sorta di "Master Algorithm", capace di generare un sistema urbano complesso ed adattivo agli stimoli a cui viene sottoposto.



Figura 7. Swarm Intelligence, il volo di uno stormo di uccelli

- 6 Si veda al riguardo la tesi di laurea di Andrea Galli, Facoltà di Ingegneria di Messina a.a. 2010-11, da cui sono state tratte alcune immagini utilizzate in questo paper.
- 7 Uno dei primi fu Luigi Moretti che nel 1957 fondò l'Istituto per la Ricerca Matematica e Operativa applicata all'Urbanistica (IRMOU) con il fine studiare la cosiddetta architettura parametrica, riportando i risultati delle ricerche matematiche nella progettazione urbanistica.
- 8 "Swarm Intelligence" è un termine utilizzato per indicare lo studio di sistemi auto-organizzati, nei quali un'azione complessa deriva da un'intelligenza collettiva, come accade in natura nel caso di colonie di insetti o stormi di uccelli, oppure banchi di pesci.

L'approccio parametrico alla progettazione urbanistica necessita di Open Data⁹, di diversa natura, scelti dal progettista in funzione degli obiettivi da raggiungere, che rappresentano fattori condizionanti il processo progettuale. Possono essere parametri strettamente urbanistici, come vincoli edilizi o ambientali e densità abitativa, oppure fattori bioclimatici come le condizioni di soleggiamento, la velocità del vento nei canyon urbani, o ancora dati relativi all'efficienza energetica degli edifici, ai valori immobiliari, ai livelli di sicurezza urbana, etc. La raccolta degli Open Data può rappresentare un primo scoglio con il quale il progettista si deve confrontare: ce ne sono moltissimi, ma la loro accessibilità spesso non è sistematizzata, essendo variegata le loro provenienze.

Successivamente alla selezione dati, si possono cominciare ad applicare le tecniche parametriche per la definizione della morfologia urbana. Queste tecniche possono servirsi di vincoli imposti a priori come carte di uso del suolo da rispettare, rapporti tra altezza e larghezza degli edifici, vincoli urbanistici, superficie di suolo occupata da vegetazione, rapporto pieno/vuoto, oppure condizioni relative alle reti infrastrutturali, alle tipologie edilizie, etc.

Dati e vincoli vengono posti in relazione per mezzo di regole matematiche (algoritmi) che hanno lo scopo di organizzare il complesso di informazioni inserite nel sistema elaborando soluzioni progettuali organiche, rispettose degli obiettivi prefissati e dei vincoli imposti. In questo modo il progettista (a metà strada tra un planner ed un urban designer) ha l'opportunità di poter confrontare in tempo reale una serie di scenari progettuali, alternativi tra loro, ma sempre coerenti con gli obiettivi fissati in partenza, semplicemente combinando in modo differente i parametri inseriti nel sistema, variandone la reciproca influenza.

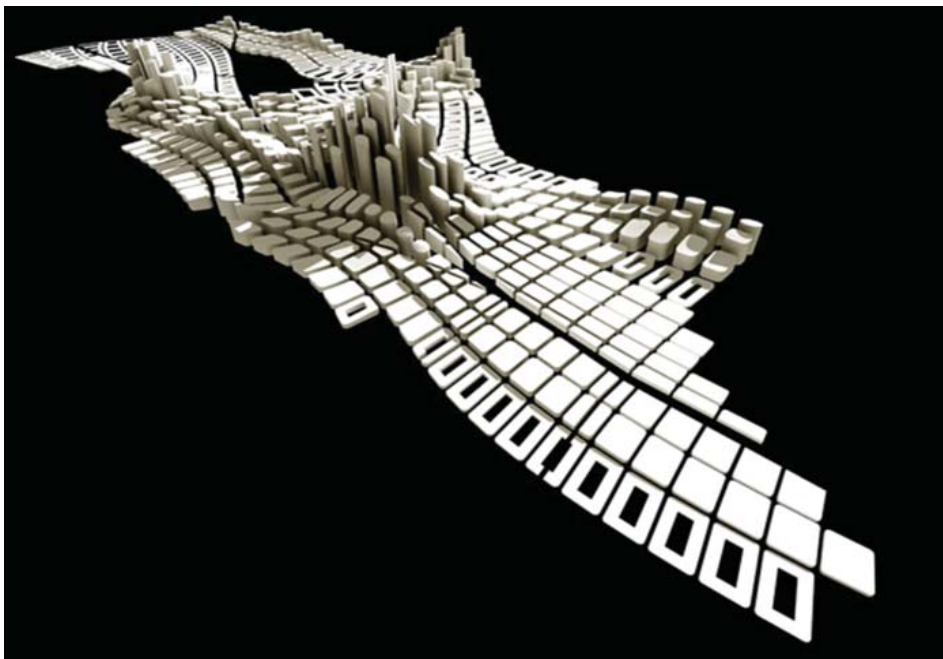


Figura 8. Ant urbanism - Taipei - Annie Chan, Ykai Lin, Sci-Arch University - 2009

⁹ I “dati aperti”, comunemente chiamati “open data”, sono alcune tipologie di dati liberamente accessibili a tutti, privi di brevetti o di altre forme di controllo che ne limitino la riproduzione e l'utilizzo.

Possiamo distinguere almeno tre ambiti applicativi entro cui poter sperimentare l'utilizzo di metodologie parametriche nel campo urbanistico.

1. Il primo, e probabilmente più noto, è relativo all'elaborazione di Master Plan. Gli esempi che abbiamo citato sono tutti riferibili a questo ambito: la progettazione urbanistica con strumenti parametrici di una porzione urbana unitaria, sia essa riferita ad un quartiere di una città esistente o ad una nuova città.

2. Un secondo campo di utilizzo può essere rappresentato dall'elaborazione di scenari. Quanto volte nel processo di decision making di un Piano urbanistico abbiamo elaborato scenari diversi rappresentativi di soluzioni alternative che abbiamo poi posto in discussione con gli stakeholders. Gli strumenti parametrici possono essere di grande aiuto in questi processi partecipativi, attraverso rappresentazioni efficaci e controllate che facciano capire come agendo su alcuni parametri si modifichi l'intero sistema.

3. Un terzo campo di applicazione può essere rappresentato dalla definizione delle soglie. Pensiamo ad esempio alle aree di trasformazione strategiche di un'area metropolitana, o anche semplicemente alle zone di espansione di un PRG. Non è raro che le previsioni urbanistiche di una municipalità o di un'area geografica omogenea, possano essere sovrabbondanti o addirittura non coerenti tra loro rispetto ai reali fabbisogni. Portare in attuazione specifiche previsioni urbanistiche su determinate aree di intervento potrebbe quindi di fatto squilibrare il mercato, rendendo meno adeguate analoghe previsioni urbanistiche sulle rimanenti aree di trasformazione (pensiamo ad es. al surplus di vani residenziali in questo momento di crisi del mercato edilizio). Gli strumenti parametrici possono simulare in tempo reale gli effetti dell'attuazione di singole previsioni urbanistiche rispetto al contesto di riferimento rendendo espliciti i superamenti delle soglie limite ai fini di consentire eventuali correzioni di tiro nei processi decisionali. Il tema delle soglie è chiaramente applicabile a molti settori della disciplina urbanistica: da quelle determinate dal mercato immobiliare, a quelle dovute ai flussi traffico, ai fattori di inquinamento, alle densità abitative, alle distribuzioni dei servizi e delle destinazioni d'uso, etc. Ciò potrebbe generare due ricadute: la prima è relativa all'ausilio per gli amministratori e i tecnici nel prendere decisioni consapevoli; la seconda, forse ancora più interessante, ha a che vedere con la prospettiva di un nuovo paradigma di Piano che faccia uso di rappresentazioni dinamiche work in progress e normative di attuazione flessibili, che consentano un adeguamento costante delle destinazioni d'uso del suolo e più in generale delle decisioni urbanistiche.

Queste sono le linee programmatiche del percorso di ricerca sull'Urbanistica Parametrica che ci accingiamo ad intraprendere. Siamo naturalmente consapevoli delle difficoltà che ci attendono a cominciare da quelle puramente tecniche, come lo sviluppo di piattaforme digitali idonee ai nostri scopi, oppure l'accesso agli Open Data, quasi mai realmente pubblici, o anche la diffidenza, dovuta in gran parte al gap tecnologico, di una parte (piccola per fortuna) della comunità scientifica legata a procedure e tecniche più tradizionali. Ma siamo nel contempo confortati dall'interesse crescente che queste tematiche stanno suscitando in un network di giovani ricercatori, sparsi oramai un po' in tutto il mondo, che stanno tentando coraggiosamente di sperimentare le innovazioni tecnologiche nel settore ICT all'interno delle procedure e delle tecniche proprie del campo urbanistico.

E' nostra convinzione che questo percorso di ricerca possa diventare un filone fertile, soprattutto se riuscirà a mantenere viva la dialettica tra le qualità dei contesti urbani e quelle che possono derivare dall'utilizzo di modelli parametrici. Senza timori preconcepi nell'avventurarsi su campi di sperimentazioni inconsueti, e senza neppure avallare asetticamente derive "algoritmiche" che potrebbero far perdere di vista gli obiettivi fondativi della nostra disciplina. Semplicemente cercando di utilizzare al meglio le enormi potenzialità che le nuove tecnologie ci mettono oggi a disposizione per governare i processi di trasformazione delle città e dei territori del futuro.

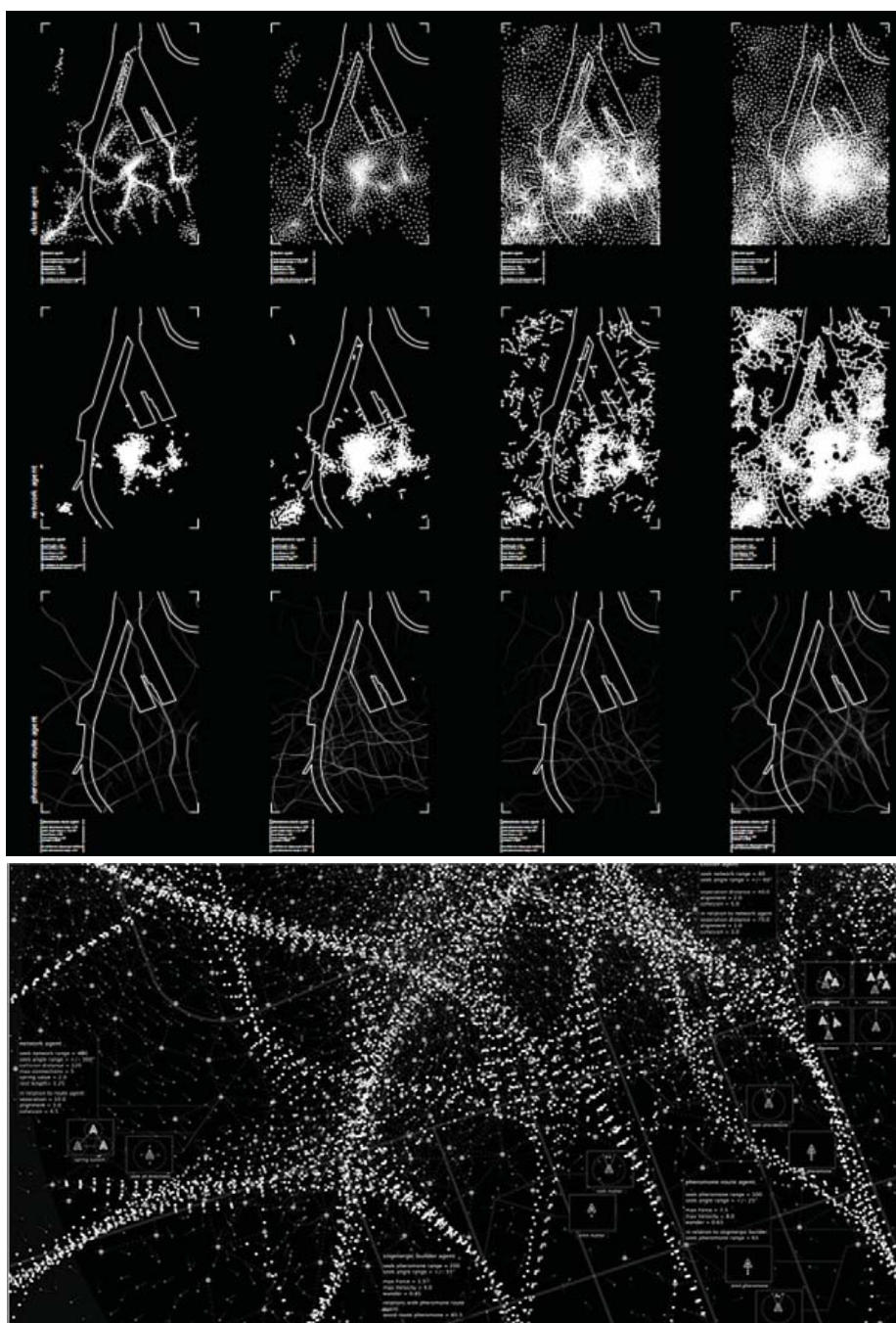


Figura 9. Kokkugia Melbourne Docklands Scheme 2008

Riferimenti

- Batty M. (2005), *Cities and complexity*, MIT Press, Cambridge Massachusetts.
- Bravo L., Garagnani S. (2005), “La rappresentazione parametrica della città”, in *Disegnarecon*, vol. 3, n.5, Giugno 2005.
- Bucci F., Mulazzani M. (2010), *Luigi Moretti. Opere e scritti*, Mondadori Electa, Milano.
- Canuto da Silva R., Amorim L. M. (2012), “Establishing Parameters for Urbanity”, PAPER REF # 8109, Proceedings: *Eighth International Space Syntax Symposium*, edited by M. Greene, J. Reyes and A. Castro. Santiago de Chile, PUC, 2012.
- Di Raimo, A. (2011), “Diagramma e Script”, in Saggio A. (edited by) *Architettura e Information Technology*, Mancosu Editore Architectural Book and Review, Roma.
- Feng H., Zheng Y (2009), “Computational Urbanism, A Parametric Relational Urban Model for Urban Plot Ratio”, *The New Urban Question_ Urbanism beyond Neo-Liberalism*,. *The 4th International Conference of the International Forum on Urbanism*, Amsterdam, 2009.
- Leach N. (2009), “Swarm Urbanism”, in *AD*, vol. 79, no. 4, July/August 2009, Londra, pp. 56-63.
- Mitchell W. J. (1999), *E-topia: Urban Life, Jim – But Not As We Know It*, MIT Press, Cambridge Massachusetts.
- Schumacher P. (2008), “Parametricism as Style – Parametricism Manifesto”, 11th Architecture Biennale, Venezia 2008.
- Schumacher P. (2010), “La città parametrica”, in *Abitare*, n. 511, Aprile 2011, Milano, pp. 83-85.

Ulteriori riferimenti

(Non menzionati direttamente nel testo, ma importanti per uno studio completo dell’ “urbanistica parametrica”)

- Canuto da Silva R., Amorim L. M. (2010), “ Parametric urbanism: emergence, limits and perspectives of a new trend in urban design based on parametric design systems”, *Virus* di Nomads.usp journal, 1° Semestre 2010.
- Salingaros N.A. (2011), “Urbanism as Computation”, in Portugali H. M. J., *Complexity Theories of Cities Have Come of Age: An overview with implications to urban planning and design*, Springer, Heidelberg.
- Schumacher P. (2008), “A New Global Style for Architecture and Urban Design”, *AD Architectural Design – Digital Cities*, vol. 79, no. 4, Luglio/Agosto 2009, Londra.
- Schumacher P. (2012), “The Parametric Jungle”, *Architecture Today*, no. 227, Aprile 2012, Londra.
- Spyropoulos T. (2013), *Adaptive Ecologies: correlated systems of living*, AA Publications, Londra.
- Stavric M., Marina O. (2011), “Parametric Modeling for Advanced Architecture”, *International journal of applied mathematics and informatics*, vol. 5, no. 1, 2011.

Siti Web

Homepage del sito relativo al progetto *European Smart City*.
<http://www.smart-cities.eu/>

Saggio sulla *Teoria della complessità* nel sito Brain Team Consulting.

<http://braint.net/pensiero/teoria-della-complessita/>

Dissertazione pubblicata sul sito ISSUU: Galli. A. (2011), *Nuove metodologie progettuali: aspetti innovativi dell'urbanistica parametrica*

http://issuu.com/andrea_galli/docs/nuove_metodologie_progettuali-_aspetti_innovativi_?e=4601981/1289242

Dissertazione pubblicata sul sito Academia.edu: Saleh M. M., & Al-Hagla K. S., (2012) *Parametric urban comfort envelope - An approach toward a responsive sustainable urban morphology*

http://www.academia.edu/2316675/Parametric_Urban_Comfort_Envelope_An_Approach_toward_a_Responsive_Sustainable_Urban_Morphology

Progetto incluso nel portfolio di *Carlo Ratti Associati*.

<http://www.carloratti.com/project/ka-care/>

Progetto incluso nel portfolio di *Urban Future Organization (UFO)*.

http://www.au-urbanfuture.org/design/residential/city_project/index.html

