

Caos e caos: la città come fenomeno complesso

Carmela Gargiulo e Rocco Papa

Al determinismo laplaciano la ricerca scientifica del primo Novecento ha lentamente sostituito un approccio problematico che nel corso degli anni si è venuto a configurare in termini rigorosi: la teoria del caos. Sistemi deterministici¹ anche molto semplici e costituiti da pochi elementi possono manifestare un comportamento "aleatorio", tale aleatorietà è una qualità intrinseca al sistema stesso e non dipende dal tipo o dalla quantità di informazioni di cui si dispone.

La prima intuizione sull'aleatorietà è attribuibile ad Henri Poincaré (1903), cui si deve l'osservazione che in un sistema possono verificarsi fenomeni "fortuiti"². A questo genere di aleatorietà è stato dato, in epoche successive, il nome di "caos".

¹ "Un sistema è deterministico se la conoscenza esatta del suo stato iniziale permette di prevedere il suo futuro con certezza. ... Supponiamo che le leggi della fisica siano deterministiche; potremo prevedere nei minimi dettagli il futuro dell'universo, come sostiene Laplace? In pratica questa affermazione non è né verosimile, né vera. Si può ammettere che l'universo, che è un sistema estremamente complesso, presenti il fenomeno della dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali. Se la nostra conoscenza dello stato iniziale del sistema è anche di poco incompleta, le nostre previsioni saranno rapidamente soggette a un errore considerevole: il determinismo, quindi, non implica la predicibilità e il rigore delle leggi fisiche non è in contraddizione con la contingenza dei fatti della vita quotidiana". Ruelle, D., "Determinismo e predicibilità" in *Le scienze* n.82, Le Scienze S.p.A. Editore, agosto 1984.

² "Una causa piccolissima che sfugge alla nostra attenzione determina un effetto considerevole che non possiamo mancar di vedere, e allora diciamo che l'effetto è dovuto al caso. Se conoscessimo esattamente le leggi della natura e la situazione dell'universo allo stato iniziale, potremmo prevedere esattamente la situazione dello stesso universo in un istante successivo. Ma pure se accadesse che le leggi naturali non avessero più alcun segreto per noi, anche in tal caso potremmo conoscere la situazione iniziale solo approssimativamente. Se questo ci permettesse di prevedere la situazione successiva con la stessa approssimazione, non ci occorrerebbe di più e dovremmo dire che il fenomeno è stato previsto, che è governato da leggi. Ma non è sempre così; può accadere che piccole differenze nelle condizioni iniziali ne producano di grandissime nei fenomeni finali. Un piccolo errore nelle prime produce un errore enorme nei secondi. La previsione diviene impossibile e si ha un fenomeno fortuito". Poincaré, H., "Science et Methode", Flammaron, Paris, 1908.

Uno dei principi su cui si fonda la teoria del caos è il principio d'indeterminazione³ di Heisenberg secondo il quale "l'esattezza, con la quale i concetti classici possono venire sensatamente applicati alla descrizione della natura, è limitata dalle cosiddette relazioni di indeterminazione". Tale principio, divenuto uno dei fondamenti della meccanica quantistica, fornisce una convincente spiegazione di alcuni fenomeni aleatori a scala piccolissima (atomica). Ad una scala più grande le ragioni dell'imprevedibilità raramente hanno trovato una verifica scientifica valida; il moto aleatorio dei fluidi costituisce una eccezione che conferma la regola. Tuttavia non è necessario ricorrere a sistemi così complicati per verificare l'esistenza di comportamenti aleatori che si riscontrano anche in sistemi relativamente semplici.

In generale, la caratteristica preminente di un sistema caotico è la sua elevata sensibilità anche alle più piccole azioni che possono verificarsi in ogni punto del suo essere e del suo divenire. Così il grado di indeterminazione che può raggiungere un sistema caotico è estremamente elevato ed, in più, qualunque fenomeno, anche poco significativo, può raggiungere molto rapidamente proporzioni macroscopiche. In altri termini, in presenza del caos qualsiasi previsione può raggiungere imprecisioni rilevanti.

La teoria dei sistemi dinamici può essere considerata come il supporto indispensabile nella messa a punto del quadro concettuale di riferimento per lo studio del "caos"⁴. La definizione di un sistema

³ "Così la scienza odierna, più che la precedente, è stata imposta dalla natura, e l'antico problema di afferrare la realtà mediante il pensiero deve essere posto di nuovo e risolto in maniera alquanto differente. Prima il modello della scienza esatta poteva condurre a sistemi filosofici nei quali una determinata verità -quale il *cogito, ergo sum* di Cartesio- formava il punto di partenza dal quale dovevano essere affrontate tutte le questioni riguardanti la concezione del mondo. Ma ora, nella fisica moderna, la natura ci ha ricordato ben chiaramente che non ci è lecito sperare di comprendere tutto lo scibile partendo da una simile salda base di operazioni. Anzi, di fronte ad ogni conoscenza sostanzialmente nuova, dovremo ritrovarci sempre nella situazione di Colombo, che ebbe il coraggio di abbandonare tutta la terra fino allora nota, nella quasi folle speranza di trovare altra terra al di là dai mari". Heisenberg, W., "Mutamenti nelle basi della scienza", trad.it., Einaudi, Torino, 1944, p. 27.

⁴ "Un paradosso apparente è che il caos è deterministico, cioè generato da regole fisse che, di per sé, non contengono alcun elemento casuale. In linea di principio il futuro è determinato completamente dal passato, ma in pratica le piccole indeterminazioni vengono amplificate; quindi, benché il comportamento sia prevedibile a breve scadenza, alla lunga risulta imprevedibile. Nel caos vi è ordine:

dinamico è data dagli elementi e dalle relazioni tra gli elementi del sistema nonché dalle leggi e dai criteri di evoluzione (dello stato) nel tempo. Lo spazio di esistenza dell'evoluzione del sistema è detto spazio degli stati o spazio delle fasi; tale spazio è una astrazione puramente concettuale le cui coordinate sono le componenti dello stato.

Naturalmente le coordinate dello spazio delle fasi mutano con il contesto; ad esempio per un sistema meccanico potrebbero essere individuate nella posizione e nella velocità, per un sistema ecologico nelle popolazioni delle varie specie. Anche se è riconosciuto che il comportamento dei sistemi dinamici caotici è imprevedibile, lo spazio degli stati può essere utile a rappresentare tale comportamento in forma geometrica.

Attualmente le teorie del caos non permettono di dare soluzione al problema della previsione dell'evoluzione dei sistemi soprattutto perché esistono ancora molte incognite sulla effettiva incidenza e sul significato del caos. Tuttavia, si concorda univocamente che una misura del caos è rappresentata dall'entropia.

Il concetto di entropia trova i suoi presupposti nella seconda legge della termodinamica: ogni volta che l'energia viene trasformata da uno stato in un altro si riduce l'energia disponibile a vantaggio dell'energia non disponibile. Per usare una definizione di Rifkin si può dire che la trasformazione dell'energia impone di "pagare uno scotto". E ancora che "questo scotto è rappresentato da una perdita di energia disponibile per eseguire in futuro lavoro di un certo tipo. Il termine che descrive questo fatto è l'entropia. ... Un aumento di entropia, quindi significa una diminuzione di energia disponibile"⁵. Quando l'energia (e la

soggiacenti al comportamento caotico vi sono eleganti forme geometriche che creano aleatorietà così come il cartaiolo mescola il mazzo di carte o un cuoco mescola l'impasto di un dolce. La scoperta del caos ha creato un paradigma nuovo fra i modelli scientifici. Da una parte comporta l'esistenza di nuove limitazioni fondamentali alla nostra capacità di compiere previsioni; dall'altra, il determinismo inerente al caos implica che fenomeni aleatori sono più prevedibili di quanto si pensasse. Informazioni apparentemente aleatorie raccolte in passato (e archiviate perché ritenute troppo complicate) oggi possono essere spiegate in termini di leggi semplici. Il caos ci consente di scoprire l'ordine in sistemi diversissimi fra loro come l'atmosfera, un rubinetto che gocciola e il cuore. Ne è conseguita una rivoluzione che sta coinvolgendo molte branche diverse della scienza". Crutchfield, J.P., Farmer, J. D., Packard, N.H., Shaw, R. S., "Il Caos", Le scienze n.222, Le Scienze S.p.A. Editore, febbraio 1987.

⁵ Cfr. Rifkin, J., "Entropia", Arnoldo Mondadori, Milano, 1982, pp.44-45. Nelle stesse pagine Rifkin, esplicitando i termini delle sue affermazioni, ribadisce:

materia) diventano non disponibili si giunge al maggiore disordine possibile e quindi al caos.

Il secondo principio della termodinamica⁶ si riferisce non solo all'energia ma anche all'ordine e soprattutto all'organizzazione dei sistemi; in tal senso questo (principio) applicato ad un sistema fisico si definisce come principio statistico di degradazione dell'energia, di disordine degli elementi costitutivi e quindi di disorganizzazione.

Emerge, così, la centralità dell'organizzazione come qualità intrinseca dei sistemi complessi⁷.

Si può definire organizzazione la forma, la distribuzione e l'intensità delle relazioni tra le componenti che costituiscono una unità

"Prendiamo in considerazione ad esempio il motore di un'automobile. L'energia contenuta nella benzina è uguale al lavoro compiuto dal motore a benzina, più il calore generato, più l'energia presente nei prodotti di scarico. Anche in questo caso, la cosa più importante da ricordare è che non è possibile creare energia. Nessuno è mai riuscito a crearla e nessuno vi riuscirà mai. La sola cosa che si può fare è trasformare energia da uno stato all'altro. E' difficile comprendere questo concetto se non si considera che qualsiasi cosa è costituita da energia. L'aspetto, la forma e il movimento di qualsiasi cosa esistente è in realtà soltanto una espressione delle diverse concentrazioni e trasformazioni dell'energia. Una persona, un grattacielo, un'automobile e un filo d'erba rappresentano tutti energia che è stata trasformata da uno stato all'altro".

⁶ La pervasività di questo principio e, in generale, la crescente diffusione di alcuni concetti fondamentali delle principali teorie scientifiche sono testimoniate dalle innumerevoli citazioni e richiami presenti nella recente letteratura scientifica di divulgazione. Fra tutte si richiama l'attenzione sulla efficace banalizzazione che L. De Crescenzo, in un testo divulgativo a larghissima diffusione ("Il dubbio", Arnoldo Mondadori Editore, Milano, 1992, pag. 57 e segg.) ha dato del vincolo dell'entropia: "Quando Dio cacciò Adamo ed Eva dal paradiso terrestre ... disse: Tu uomo lavorerai con sudore e tu donna partorirai con dolore! Poi, quando li vide uscire dal cancello, gettò loro l'ultimo anatema: E tutti e due sarete perseguitati nei secoli dei secoli dal Secondo Principio della Termodinamica!".

⁷ "Noi siamo circondati da oggetti complessi, ma che cos'è la complessità? Gli organismi viventi sono complessi, le matematiche sono complesse e la costruzione di una sonda spaziale è complessa. Ma che cos'hanno in comune queste cose? Probabilmente il fatto di racchiudere molta informazione difficile da ottenere. Noi siamo attualmente incapaci di creare *ex novo* degli organismi viventi, abbiamo molta difficoltà a dimostrare certi teoremi matematici e abbiamo bisogno di molto lavoro per concepire e realizzare una sonda spaziale." Si può concludere che "*un oggetto (fisico o intellettuale) è complesso se contiene informazioni difficili da ottenere.*" Ruelle, D., "Caso e caos", Bollati Boringhieri, Torino, 1992, p. 149.

complessa o sistema. In definitiva la capacità di organizzarsi è una delle proprietà fondamentali di un sistema e può essere espressa come l'evoluzione delle interazioni di carattere relazionale in organizzazione.

L'organizzazione⁸ diviene così la proprietà costituente di un sistema.

La varietà e la molteplicità dei sistemi esistenti consente di costruire una gerarchia e una categorizzazione dei sistemi. La determinazione del livello gerarchico di un sistema dipende sostanzialmente dalle scelte e dalle decisioni dell'osservatore, da cui dipende, in definitiva, la concettualizzazione stessa di un sistema. In altre parole, nella definizione di un sistema vi sono sempre, alla base, decisioni e scelte di un soggetto, che opera nell'interno polisistemico delle selezioni in relazione alle proprie finalità, agli strumenti disponibili ed in relazione al contesto culturale e sociale.

Peraltro la teoria del caos implica gradi di complessità anche all'interno del metodo scientifico di verifica di una teoria; finora il metodo classico consisteva nel fare previsioni e, in seguito, nel confrontarle con i dati sperimentali. Per i sistemi caotici l'impossibilità di fare previsioni a lungo termine, comporta che la verifica di una teoria diviene un'attività molto delicata e piena di insidie, che fa riferimento a proprietà statistiche e geometriche piuttosto che a previsioni particolareggiate e puntuali.

Tra gli infiniti sistemi, in cui può essere articolata la realtà fisica è indispensabile, per le rinnovate ed ampliate finalità della più recente "ricerca" sul territorio, considerare la città come sistema dinamico ad elevata complessità.

Dire che la città è un sistema dinamicamente complesso, significa affermare che la città è riconducibile ad un insieme di componenti tra loro in relazione (sistema), che i processi del sistema non sono gestibili e controllabili con strumenti deterministici (sistema complesso) ed, infine, che l'evoluzione futura del sistema-città non è prevedibile

⁸ "Che cos'è l'organizzazione? In prima definizione: l'organizzazione è la sistemazione di relazioni fra componenti o individui che produce un'unità complessa o sistema, dotata di qualità ignote al livello delle componenti o individui. L'organizzazione connette in maniera interrelazionale elementi, o eventi, o individui diversi che di conseguenza diventano componenti di un tutto. Essa garantisce una solidarietà e una solidità relativa a tali legami, e garantisce quindi al sistema una certa possibilità di durata nonostante le perturbazioni aleatorie. L'organizzazione dunque: *trasforma, produce, connette, mantiene*". Morin, E., "Il Metodo", Idee/Feltrinelli, Milano, 1983, p. 133.

linearmente sulla base della conoscenza delle condizioni iniziali (sistema dinamicamente complesso).

Il grado di complessità raggiunto dalla città, come moderna espressione della vita collettiva, è tale che non si è in grado di dare una soluzione compatibile ed adeguata ai problemi del "sistema-città" sottoposto, come tutti i sistemi, ai processi di massimizzazione dell'entropia.

Se in alcuni periodi della storia urbana la città si è sviluppata conservando armonia e compatibilità tra le sue parti, da alcuni decenni il verificarsi, sul tessuto urbano, di eventi estremamente variabili e mutevoli, difficilmente riconducibili ad una ed una sola causa, sta determinando insopportabili condizioni di invivibilità e di congestione. Queste condizioni sono quasi sempre frutto di concause di difficile lettura a cui si accompagna l'incapacità di controllare e gestire fenomeni complessi, dovuta non solo alla inadeguatezza delle procedure adottate ma anche alla indisponibilità di strumenti efficaci.

A tutto ciò si aggiunge il portato della introduzione delle nuove tecnologie che, coinvolgendo tutti i livelli e tutti i settori della vita associata, generano nuova conoscenza e nuovo progresso. Grazie a queste caratteristiche così spiccatamente autopropulsive, la capacità di affermazione e diffusione del progresso tecnologico oltrepassa i limiti ristretti delle attività economico-produttive, arrivando ad incidere profondamente sui modi di essere e di pensare e, quindi, sugli aspetti sociali, politici e naturalmente territoriali.

In definitiva la molteplicità, la multiformità e la varietà dei rapporti esistenti, in una parola la complessità, all'interno del sistema società-città richiede metodi di lettura e di analisi adeguati, nonché strumenti e tecniche di controllo innovativi.

Da alcuni anni, la ricerca scientifica nel campo urbano e territoriale concorda nel considerare la città come un "sistema" definito dagli elementi (le diverse attività e funzioni urbane) e dalle interazioni e relazioni tra le sue molteplici componenti (comunicazioni materiali e immateriali) che producono, con intensità e modalità differenti, effetti difficilmente individuabili su tutte le parti della città (McLaughlin, 1973)⁹.

⁹ "La nostra esperienza quotidiana conferma che i rapporti tra uomo e ambiente possono venire intesi in termini di *sistema ecologico o eco-sistema*. In termini di comportamento umano identifichiamo le componenti del sistema come attività localizzate nello spazio. Le attività interagiscono o sono connesse tra loro attraverso

In questa prospettiva il "paradigma della complessità" sembra offrire maggiori garanzie di attinenza e relazione nell'interpretazione della varietà e dell'interdipendenza dei fenomeni urbani, e può assumere un ruolo centrale anche nella definizione degli strumenti e dei metodi di soluzione dei problemi. Una sfida cui è affidato il futuro della città.

La lettura della città orientata ad individuare non solo gli aspetti fisici (la sua forma, le sue strade, le sue case) ma anche gli aspetti funzionali (le relazioni che esistono tra le sue componenti e le leggi che regolano queste relazioni), spinge ad adottare e fare proprio l'approccio sistemico-processuale, orientato, appunto, alla definizione del divenire delle influenze reciproche fra gli elementi del sistema e fra sistema e componenti.

Il supporto teorico cui fare riferimento può ricondursi, tra l'altro, alla teoria delle catastrofi di Thom¹⁰ ed alla filosofia dell'eterogeneità di Morin, considerando il sistema città come una struttura il cui stato è

comunicazioni fisiche, o immateriali, che fluiscono lungo determinati canali. Il comportamento di individui e gruppi è chiaramente competitivo ed è motivato da una costante investigazione dell'ambiente, che di volta in volta si esprime in azioni per modificare le attività, gli spazi, le comunicazioni, i canali o una qualche combinazione di questi, o loro relazioni. Ovviamente questi processi sono complessi, sia in se stessi (cioè per individuo o gruppo) sia nel modo in cui possono essere interrelati; ma una certa semplificazione strutturale è necessaria e possibile". Mc Loughlin, J.B., "La pianificazione urbana e regionale", trad.it., Marsilio, Padova, 1973, p.17.

¹⁰ "Gli approcci quali-quantitativi più innovativi e rilevanti, dal punto di vista metodologico ed euristico, sono l'approccio topologico di René Thom della "teoria delle catastrofi" e la teoria delle "biforcazioni". Entrambe le teorie studiano (la prima in ambito più ristretto, ma con intenti tassonomici; la seconda in un ambito più generale) i sistemi dinamici caratterizzati da equilibri multipli, in cui il passaggio da un equilibrio all'altro può implicare una discontinuità, un salto improvviso, una "catastrofe", e in cui i percorsi temporali delle variabili possono in certe condizioni presentare una biforcazione, una netta alternativa fra traiettorie che successivamente seguono una storia differente. In entrambi i casi, le traiettorie temporali appaiono largamente irreversibili e il sistema non ritorna allo stato iniziale quando si inverte la direzione del tempo, diversamente dalla dinamica newtoniana che ipotizza sistemi armonici e traiettorie reversibili. L'elemento essenziale che scaturisce da questi approcci teorici è la *criticità delle condizioni iniziali* del sistema, che discende dal fatto che un certo percorso non può essere replicato che per caso e che, come ora detto, non può essere effettuato in senso (temporalmente) inverso". Camagni, R., "Economia urbana - principi e modelli teorici", La Nuova Italia Scientifica, Roma, 1992, pagg. 319 e 320.

continuamente modificato dall'apporto di "energia" che riceve dall'esterno e che consuma incessantemente. Da ciò si deduce che il suo stato di equilibrio è solo apparente poiché, in realtà, è in equilibrio stazionario o a stabilità dinamica; la città, cioè, è un sistema caratterizzato da una inestricabile complementarità tra "fenomeni disordinati" e "fenomeni organizzatori", che si autoregolano in un successivo stato di equilibrio (solo) stazionario.

Per governare un sistema di questo tipo è necessario, in prima istanza, ricondurre la sua struttura complessiva ad un modello interpretativo costituito da elementi e da relazioni intelligibili. Definito il criterio di approccio è necessario conoscere quali sono gli elementi costitutivi e quali le relazioni principali del sistema (modellizzato). Infine è necessario determinare le caratteristiche degli elementi e le leggi che ne regolano l'integrazione, senza i quali (elementi, leggi e integrazione) non si può nemmeno pensare ad una modellizzazione del "sistema-città".

La caratteristica essenziale che permette l'esistenza di un generico sistema è ciò che Edgar Morin (1977)¹¹ definisce "antagonismo organizzazionale". Ogni interrelazione organizzazionale presuppone l'esistenza ed il gioco di attrazioni, di affinità, di possibilità di connessioni o di comunicazioni fra gli elementi. Ma la conservazione delle differenze presuppone allo stesso modo l'esistenza di forze di esclusione, di repulsione, di dissociazione, senza le quali tutto si confonde e non è concepibile nessun sistema.

In altre parole ogni sistema, e anche il sistema urbano, produce al suo interno contemporaneamente antagonismo e complementarità; per governare un sistema bisogna quindi conoscere le regole (per quanto rinvenibili) con cui si organizzano gli antagonismi e le complementarità.

¹¹ "A differenza degli equilibri termodinamici di omogeneizzazione e di disordine, gli equilibri organizzazionali sono equilibri di forze antagoniste. Ogni relazione organizzazionale, e dunque ogni sistema, comporta e produce quindi antagonismo nello stesso tempo in cui produce complementarità. Ogni relazione organizzazionale necessita e *attualizza* un principio di complementarità, necessita e *virtualizza* in misura più o meno grande un principio di antagonismo". Morin, E., *Il Metodo*, trad. it., Idee/Feltrinelli, Milano, 1983, pagg. 152 e 153.

Al pari e prima di Morin, von Bertalanffy (1968) aveva affermato che ogni totalità è basata sulla competizione fra i suoi elementi e presuppone la lotta fra le sue parti.

Non si può, quindi, parlare di sistema senza presupporre l'idea di antagonismo; ma tale idea porta come implicita e diretta conseguenza la "disorganizzazione potenziale" o disordine. Infatti nel momento in cui il sistema entra in crisi si diffonde il disordine. Ma il sistema entra in crisi quando le differenze si trasformano in opposizioni e le complementarità in antagonismi.

Alla luce di queste considerazioni e per meglio chiarire i termini della questione è opportuno, a questo punto, richiamare l'approccio sistemico-funzionale della città, che qui si propone di adottare.

Tale approccio si riconduce direttamente alla teoria generale dei sistemi, che, applicato al fenomeno urbano, consente la costruzione di un modello conoscitivo utile alla interpretazione ed alla decodificazione della complessità urbana.

In tal senso, già nella lettura e nell'analisi del sistema-città è necessario coniugare le caratteristiche delle singole parti alle caratteristiche dell'intero sistema, con l'obiettivo di definire le interrelazioni che legano le singole parti al tutto e viceversa.

Il percorso (circuito) su cui si innesca il passaggio dalle parti al tutto e da questo di nuovo alle parti è di tipo polirelazionale in quanto gli elementi devono essere definiti nei loro caratteri, nelle relazioni alle quali prendono parte, nella complessiva organizzazione in cui esistono ed in definitiva in quel particolare "terreno di coltura" in cui sono inseriti (quel particolare sistema); viceversa il sistema deve essere definito nelle sue caratteristiche peculiari, nelle relazioni esistenti tra i suoi elementi e nelle relazioni con ciascuno dei suoi elementi.

Con riferimento tale impostazione scientifica e dall'osservazione del sistema urbano, si può affermare che la città è senz'altro un sistema dinamicamente complesso.

Sulla scorta delle considerazioni precedenti e dalla teoria dei sistemi dinamici si deduce che l'evoluzione della città non può essere prevista linearmente sulla base delle condizioni iniziali.

Dire, quindi, che una città è un sistema dinamicamente complesso significa dire che tale sistema è definito, oltre che da caratteristiche proprie, da leggi e criteri di evoluzione dello stato che si modificano nel tempo.

La complessità dinamica che caratterizza la città dipende essenzialmente da quattro variabili principali:

- i livelli di gerarchia,
- il tipo e la qualità delle relazioni,
- il numero degli elementi,
- la velocità e le leggi del mutamento.

I vari livelli di gerarchia permettono di leggere la struttura urbana secondo vari punti di vista.

Il tipo e la qualità dei possibili percorsi di relazione si riferiscono alla interconnessione tra i vari elementi del sistema e dipendono dalla capacità di conoscenza del ventaglio degli effetti che ciascuna azione compiuta, anche su una singola parte del sistema, può generare su di una o più parti differenti e sulle altre relazioni.

Così definiti i concetti di riferimento per una "modellizzazione" del sistema urbano che consenta di individuare metodi di lettura e tecniche di analisi, il passo successivo deve essere orientato alla definizione di procedure tese al governo della "organizzazione" del sistema.

Tali procedure devono consentire la definizione di strumenti e tecniche di controllo orientati alla ri-funzionalizzazione del sotto-sistema relazionale ed al recupero ed al riuso del sotto-sistema fisico.

Riferimenti bibliografici

Beguilot, C., "Città cablata e nuova architettura", I.Pi.Ge.T.-CNR e Di.Pi.S.T.-Università "Federico II" di Napoli, Napoli, 1992.

Camagni, R., "Economia urbana - principi e modelli teorici", La Nuova Italia Scientifica, Roma, 1992.

Crutchfield, J.P., Farmer, J. D., Packard, N.H., Shaw, R. S., "Il Caos", Le scienze n.222, Le Scienze S.p.A. Editore, febbraio 1987.

De Crescenzo, L., "Il dubbio", Arnoldo Mondadori Editore, Milano, 1992.

Gargiulo, C., "Recupero della città e nuove tecnologie", I.Pi.Ge.T.-CNR, Napoli, 1990.

Gargiulo, C., "Rete e macchinette: struttura e funzioni - Scopi contenuti articolazione della ricerca", in Città cablata e nuova

architettura, I.Pi.Ge.T.-CNR e Di.Pi.S.T.-Università "Federico II" di Napoli, Napoli, 1992.

Heisenberg, W., "Mutamenti nelle basi della scienza", trad.it., Einaudi, Torino, 1944.

Mc Loughlin, J.B., La pianificazione urbana e regionale, trad.it., Marsilio, Padova, 1973.

Morin, E., Il Metodo, trad. it., Idee/Feltrinelli, Milano, 1983.

Papa, R., "Innovazione tecnologica e aree metropolitane del Mezzogiorno", Di.Pi.S.T.-Università "Federico II" di Napoli, Napoli, 1992.

Papa, R., "Rete e macchinette: struttura e funzioni - La città funzionale", in Città cablata e nuova architettura, I.Pi.Ge.T.-CNR e Di.Pi.S.T.-Università "Federico II" di Napoli, Napoli, 1992.

Papa, R., **Battarra**, R., **Fistola**, R., **Gargiulo**, C., "La città come sistema complesso in crisi strutturale - strumenti e tecniche per il governo metropolitano", Fondazione Aldo Della Rocca, Roma, 1992.

Poincaré, H., "Science et Methode" Flammaron, Paris, 1908.

Rifkin, J., "Entropia", Arnoldo Mondadori, Milano, 1982.

Ruelle, D., "Determinismo e predicibilità" in Le scienze n.82, Le Scienze S.p.A. Editore, agosto 1984.

Ruelle, D., "Caso e caos", Bollati Boringhieri, Torino, 1992.