

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL SANNIO  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA  
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

Corso di TECNICA URBANISTICA  
arch. Romano Fistola



## **IL GOVERNO DELLE TRASFORMAZIONI URBANE**

*Rielaborazione dell'ing. G. Mazzeo dalle lezioni del corso di*

*Tecnica Urbanistica, Facoltà di Ingegneria, Università di Napoli Federico II, prof. Rocco Papa*

Un processo di pianificazione, che conduce alla realizzazione di trasformazioni urbane e territoriali, può essere suddiviso in tre fasi principali:

1. **conoscenza;**
2. **decisione;**
3. **azione.**

Attraverso queste tre fasi arriviamo alla redazione del piano ed alla determinazione della sua procedura di attuazione.

### ***La fase della conoscenza***

Le attività principali della fase della conoscenza sono la lettura, l'interpretazione e la modellizzazione:

- **Lettura:** comprensione del significato dei processi reali. Nel nostro caso la realtà è rappresentata dal sistema urbano e territoriale ed i segni che vengono letti sono segni fisici. In questa fase, l'attività svolta dall'osservatore è una attività passiva, in quanto l'osservatore cerca solo di leggere i segni offerti dalla realtà. È questa la fase più semplice della conoscenza.
- **Interpretazione:** determinazione di un significato da qualcosa che si osserva, nel nostro caso dai segni del sistema urbano e territoriale. L'interpretazione non è una fase passiva, in quanto il rapporto tra l'osservatore e l'oggetto osservato è più stretto dovendo il primo ricavare un significato dai segni forniti dalla lettura del secondo. È una costruzione mediata della realtà, fatta sulla base delle conoscenze dell'osservatore, dell'esperienza, del livello culturale e così via.
- **Modellizzazione:** costruzione di uno schema di riferimento che descrive un fenomeno (o, nel caso di un sistema) mettendone in evidenza le caratteristiche strutturali più rilevanti. In precedenza si è detto che un sistema urbano o territoriale è un sistema complesso e dinamico, con molti elementi e relazioni tra gli elementi, per cui la sua conoscenza completa è difficile se non impossibile. Per lo svolgimento delle attività di pianificazione è necessaria una forma di conoscenza dalla quale partire per poter poi passare all'azione ed alla decisione. Ciò non significa andare contro il principio della complessità, quanto semplicemente attuare azioni di discretizzazione del sistema urbano in modo da facilitarne la conoscenza in relazione ai sistemi che maggiormente interessano. In questo modo, non semplifichiamo il sistema ma il nostro modo di conoscerlo, adattandolo alla nostra capacità di comprensione. Costruiamo, così, un modello che ci può spiegare il comportamento del sistema a partire da un numero minore di caratteristiche. La determinazione delle caratteristiche da analizzare per costruire il modello dipende dall'obiettivo alla base del processo di pianificazione. Un biologo e un chimico che studiano un sistema costruiranno un modello diverso da quello di un urbanista, essendo diverse le caratteristiche rilevanti.

## **La lettura**

La fase della lettura è una fase passiva della conoscenza. Esistono vari modi per leggere un sistema.

Un sistema urbano si articola in tre sottosistemi (fisico, funzionale, antropico) che è possibile leggere in maniera diretta o indiretta. La **lettura diretta** della città si effettua camminando per strada, sorvolandola a quote elevate e così via. La **lettura indiretta** avviene, invece, utilizzando supporti come le cartografie, le foto, i dati statistici, ...

La lettura (diretta ed indiretta) del sistema fisico e funzionale si articola in:

- a) individuazione del campo di lettura e riconoscimento dei segni;
- b) acquisizione e rilevamento;
- c) misura;
- d) rappresentazione.

Il primo passo per la lettura di un sistema è dato dalla sua **individuazione**, a cui segue il riconoscimento dei segni forniti dal sistema.

Attraverso la lettura cartografica del sistema fisico è possibile capire la morfologia di un territorio ed il suo sviluppo. Leggendo il sistema funzionale per mezzo di cartografie a grande scala si determina l'ubicazione dei singoli sistemi urbani, la loro distribuzione sul territorio ed una prima ipotesi di organizzazione. Individuando le attività che si svolgono nei centri, si riesce a capire anche come si organizza il territorio.

La lettura del sistema fisico avviene grazie all'**acquisizione** di rilievi cartografici, foto, telerilevamenti, banche dati. Il sistema funzionale si può leggere, invece, attraverso indagini e rilevazioni, oppure attraverso dati statistici.

Oltre ad individuare il sistema urbano e a riconoscerne i dati, è necessario anche **misurarne** gli elementi. Se l'obiettivo è conoscere la città e governarne le trasformazioni, non possiamo raggiungere questo obiettivo se non conosciamo una serie di dati quantitativi come, ad esempio, l'estensione della superficie edificata del sistema urbano.

Altro obiettivo è equilibrare domanda e offerta, ma senza misurare sia l'offerta che la domanda non è possibile pervenire ad alcun equilibrio.

La misura del sistema fisico consiste nel conoscere le sue dimensioni fisiche. Per il sistema funzionale dovremo considerare, invece, le destinazioni d'uso, la intensità d'uso e la distribuzione d'uso. La destinazione d'uso rappresenta l'uso che si fa di uno spazio. L'intensità d'uso ci dice quanta attività si svolge in uno spazio. La distribuzione d'uso cerca di capire come una attività è articolata nello spazio.

Il sistema funzionale è invece composto da elementi e da relazioni che fanno riferimento ai flussi di scambio nei vari canali. Al variare del tipo di canale varia la misura delle relazioni; ad esempio, se il canale è una strada si misura il flusso di veicoli che la percorrono, se il canale è la rete telefonica, si misura il numero di scatti.

Tutte le informazioni raccolte devono essere, infine, **rappresentate** utilizzando una tecnica che consenta di elaborare e rappresentare le informazioni disponibili.

Si ricordi che una tecnica è un insieme di regole pratiche da applicare nell'esercizio di una attività manuale o intellettuale, che elaborare significa estrarre e sviluppare con sistematicità e precisione quanto è insito negli elementi da cui si parte e che rappresentare vuol dire riprodurre la realtà mediante immagini e segni.

In una cartografia di base sono contenute molte informazioni che è necessario imparare a decodificare. Probabilmente, considerare tutte le informazioni fornite da una cartografia è superfluo e non consente di focalizzare l'attenzione su ciò che realmente interessa. Qualunque sia la scala del nostro sistema, i suoi elementi principali saranno sempre spazi e canali, ma mentre nel caso del sistema urbano spazi e canali sono rappresentati da edifici e strade, nel caso di un sistema a scala più ampia spazi e canali sono rappresentati da città e da strade di collegamento tra le città. La delimitazione del sistema non deve necessariamente coincidere con la singola città ma può abbracciare anche più città.

### ***Strumenti per la lettura: 1. la cartografia***

La costruzione di un modello si realizza mettendo in evidenza le caratteristiche strutturanti del sistema che sono funzionali agli obiettivi di conoscenza. Elementi caratterizzanti possono essere, ad esempio, la forma urbana e la rete viaria, entrambi i quali discendono da elementi naturali come l'orografia o il sistema fluviale.

Altro aspetto importante nella lettura cartografica è la scala di rappresentazione; al variare delle scale cambiano gli elementi principali del sistema. Di conseguenza, la scelta della scala di rappresentazione è una operazione fondamentale nella scelta del confine del sistema.

La cartografia a disposizione per tutto il territorio nazionale è quella dell'Istituto Geografico Militare e quella catastale.

La differenza tra le due cartografie sta nel fatto che la prima è generale - cioè comprende una serie di informazioni rappresentate con una uguale importanza -, mentre la seconda è tematica, ossia mette in evidenza solo un aspetto legato al territorio (in particolare, la proprietà).

È possibile distinguere tre tipi di rappresentazione cartografica:

- la rappresentazione classica, ottenuta mediante riproduzione su supporto cartaceo degli elementi e degli enti allocati sul territorio;
- la rappresentazione ortofotografica, ossia una rappresentazione fotografica zenitale della superficie terrestre, elaborata attraverso una ripresa aerea;
- la rappresentazione numerica, costruita utilizzando enti numerici, cioè coordinate elettroniche.

Per costruire una rappresentazione cartografica si utilizza la ripresa aerea, effettuata sul territorio da rappresentare, restituita successivamente su supporto cartaceo. L'aeromobile effettua la ripresa dividendo in strisciate il territorio da fotografare. L'aerofotogrammetria, oltre a fornire una rappresentazione piana del territorio, è in grado di dare informazioni sulla terza dimensione.

L'ortofoto può essere utilizzata anche come supporto per la redazione di piani urbanistici, specialmente per la redazione di quelli paesistici. Talvolta tali piani vengono elaborati su ortofotografie in cui vengono riportati i tematismi, rappresentazioni dei fenomeni attivi sul territorio attraverso modalità grafiche.

L'evoluzione tecnologica ha permesso di mettere a punto strumenti di calcolo computazionale sempre più potenti e sempre più in grado di produrre testi, suoni, ecc. Anche una immagine può essere elaborata in formato digitale.

Esistono due modi di elaborazione di una immagine in formato digitale. Il primo è il formato raster, il secondo è quello vettoriale.

Nel primo formato l'immagine viene discretizzata per mezzo di una griglia di punti detti pixel (picture element). Per riprodurre l'immagine ad ogni pixel, di cui numericamente è individuata la posizione, si assegna una serie di caratteristiche (luminosità, colore, gamma, contrasto, ...) definite attraverso un set numerico.

La costruzione di questo tipo di immagine avviene dunque attraverso una griglia di punti, cioè accostando tra loro i pixel su cui il calcolatore legge le informazioni da elaborare per la produzione dell'immagine finale. Tutte le immagini elettroniche riprodotte attraverso questo sistema sono identificate come immagini in formato raster, parola inglese che significa reticolato. Una immagine raster avente una buona risoluzione occupa, in termini di memoria, uno spazio considerevole, proprio per la quantità di informazioni contenute da ogni singolo pixel.

Nel formato raster le immagini sono ricostruite attraverso la mappatura della griglia all'interno della quale ciascun elemento di base, detto pixel, assume un certo valore numerico. Attraverso l'unione dei pixel della griglia noi ricostruiamo l'immagine grafica, discretizzazione dell'immagine di partenza. Le immagini raster possono essere archiviate secondo diverse estensioni, cioè secondo tipi diversi di formato: Bitmap (BMP), Translation Interchange Format (TIF), Graphic Interchange Format (GIF).

Tali immagini possono essere utili per la rappresentazione cartografica, ma di solito non sono utilizzate a causa dei limiti dettati proprio dal tipo di ricostruzione dell'immagine.

Le cartografie utilizzate in urbanistica sono generalmente in formato vettoriale; in questo formato gli enti geometrici sono rappresentati attraverso punti, di cui vengono individuate le coordinate, e i loro segmenti di congiunzione, definiti vettori. Una linea nel formato raster è composta da una sequenza di pixel ravvicinati, nel formato vettoriale essa è invece costituita da due punti e dal segmento di unione. Si riduce così il numero di informazioni da dare all'elaboratore per cui l'immagine vettoriale è più leggera, in termini di impegno di memoria, di una simile in formato raster.

La costruzione del formato vettoriale di una cartografia classica avviene mediante digitalizzazione, tecnica che consente di restituire in digitale immagini su supporto cartaceo. È una procedura che richiede tempi lunghi, ma consente grande accuratezza nell'immissione dei dati ed è per lo più usata per cartografie in scala 1:1000 o al massimo in scala 1:5000.

Se la digitalizzazione è effettuata in scala 1:1000, la cartografia in uscita deve essere prodotta almeno in scala 1:2000, questo al fine di aumentare l'accuratezza e far rientrare eventuali errori nella tolleranza che noi consideriamo per qualsiasi cartografia. Tutte le operazioni di digitalizzazione vanno effettuate ad una scala più piccola, cioè su una cartografia più grande.

Un altro metodo per ottenere una cartografia digitale prevede lo svolgimento in automatico di parte delle operazioni necessarie alla digitalizzazione. Tale metodo implica una fase precedente di scansione della cartografia tradizionale cartacea in una immagine raster, la quale viene successivamente vettorializzata o attraverso un ricalco, simile alla digitalizzazione ma eseguito attraverso software, o attraverso programmi di vettorializzazione.

È possibile utilizzare cartografie digitali ibride, composte da una base raster e da sovrapposizioni di tipo vettoriali. Per rendere queste immagini sovrapponibili esistono tecniche di collimazione e referenziazione.

### ***Strumenti per la lettura: 2. gli indicatori***

La misura è l'identificazione tramite un valore quantitativo o qualitativo dei fenomeni che osserviamo nella fase di lettura del sistema fisico, del sistema funzionale, del sistema antropico e del sistema geomorfologico. Questo vuol dire che è necessario misurare non solo oggetti ma anche fenomeni.

Misurare equivale ad individuare una dimensione agli oggetti ed ai fenomeni e si ottiene dal rapporto tra una grandezza ed un'altra ad essa omogenea che è scelta convenzionalmente come unità di riferimento.

Le misure possono essere di diverso tipo: geometriche, matematiche, quantitative, qualitative. Hanno un particolare interesse le misure in chiave geografica, che associano aree o punti dello spazio con informazioni che possono essere di tipo quantitativo o qualitativo.

La misura di tipo "qualitativa" è una particolare misura, riconducibile ad un giudizio di valori che si forma attraverso la lettura e che può essere riportato a misure di tipo quantitativo.

La trasformazione di un dato qualitativo in un dato quantitativo è una operazione necessaria in quanto crea una omogeneità tipologica che consente di far dialogare dati diversi da confrontare. La misura di tipo qualitativo sconta una elevata discrezionalità in quanto dipende dall'osservatore (quindi dalla sua esperienza e dalla sua competenza) e dal contesto che la determina.

L'attività di misura si svolge sulla base di un sistema di riferimento logico all'interno del quale è presente:

- a) un **sistema di misura noto**, ossia un complesso di enti geometrici e/o matematici messi in relazione reciproca da leggi basate su postulati convenzionali. Il sistema metrico decimale, ad esempio, mette in relazione gli elementi attraverso una unità di misura convenzionale;
- b) un **insieme di grandezze** corrispondenti, ad esempio, alla lunghezza, alla superficie, ai volumi;
- c) un **sistema di rilevazione**, per mezzo del quale si riesce a determinare l'effettiva misura di una grandezza.

Le dimensioni possono essere misurate attraverso **parametri** o attraverso **indicatori**. I parametri sono costituiti da una misura unica, mentre gli indicatori si costruiscono mettendo in relazione più parametri.

L'indicatore, quindi, è una evoluzione della grandezza singola e, attraverso l'elaborazione di più grandezze, gli indicatori possono mettere in relazione due o più sottosistemi appartenenti allo stesso sistema in analisi.

All'interno di ciascun sistema esistono grandezze misurabili e grandezze non misurabili, esistono grandezze valutabili per mezzo degli indicatori ed altre non valutabili, infine esistono grandezze che vengono assunte come riferimento.

Si definisce **grandezza obiettivo** il valore di riferimento da raggiungere. Si introduce, a questo proposito, il concetto di prestazione, data dal confronto tra i valori assunti dalle grandezze obiettivo ed i valori delle grandezze reali. Lo scarto tra il valore obiettivo e quello reale da noi rilevato ci dà la dimensione in termini di prestazione che l'elemento deve sostenere per eliminare la differenza.

La definizione degli scarti è funzione del sistema di riferimento e delle sue caratteristiche complessive.

### *L'interpretazione*

Come già si è detto, le fasi della lettura, dell'interpretazione e della modellizzazione possono classificarsi in base alla diversa partecipazione dell'osservatore.

Durante la fase di interpretazione l'osservatore elabora, attraverso l'analisi degli elementi emersi dalla fase precedenti, una interpretazione personale del fenomeno.

Essendo l'interpretazione una azione soggettiva, è necessario fare riferimento a tecniche scientifiche che consentano di verificare che l'interpretazione sia sostenibile.

A questo scopo si utilizzano tecniche di tipo statistico che analizzano un numero notevole di dati ed informazioni pervenendo a risultati che verificano la correttezza dell'interpretazione. Con queste tecniche si passa dalla misura pura (determinazione di un numero in una qualunque unità di misura) alla misurazione, ossia alla determinazione del rapporto tra una unità di misura ed un'altra presa come riferimento.

Il primo livello di misurazione statistica è costituito dalle **scale nominali**.

L'operazione fondamentale di ogni scienza è la classificazione e le scale nominali non fanno altro che classificare una serie di elementi in gruppi o categorie (esclusive ed esaustive) senza attribuire ad essi alcun genere di informazione quanti-tativa e alcun criterio di ordine. Rientrano in queste categorie, ad esempio, la regione di appartenenza, il sesso, il credo religioso, la residenza in una strada, ...

Si ricorda che classificare significa raggruppare più elementi in base ad una caratteristica comune. Il fine della classificazione è formare classi omogenee evidenziando le differenze esistenti tra le varie classi (per questo motivo ci vogliono almeno due di classi).

In questo primo livello di misurazione attribuiamo semplicemente nomi a singole classi, senza individuare le relazioni esistenti tra le classi e tra gli elementi di ciascuna classe.

Le proprietà della scala nominale sono:

- la simmetria, per cui qualunque relazione esiste tra A e B esiste anche tra B ed A; ad esempio se A è nella stessa classe di B allora B è nella stessa classe di A;
- la transitività, per cui se  $A = B$  e  $B = C$  anche  $A = C$ , oppure se A e B sono nella stessa classe, e B e C sono nella stessa classe, allora anche A e C sono nella stessa classe.

Il successivo livello di misurazione è rappresentato dalle **scale ordinali**. Esse ordinano più elementi in base alla presenza di una particolare caratteristica, senza specificare il valore numerico effettivo posseduto da tale caratteristica.

Anche questo livello consiste di categorie reciprocamente esaustive, tuttavia le diverse categorie non sono poste sullo stesso piano ma sono ordinate gerarchicamente a seconda del valore che hanno rispetto alla proprietà considerata.

Alle scale ordinali è possibile applicare la proprietà dell'ordinamento tra le categorie, ossia è possibile affermare che, rispetto alla caratteristica misurata, una persona che in una graduatoria ha una posizione  $r$  ha un valore più elevato rispetto ad una persona in posizione  $r-1$ , e che quest'ultima ha un valore più elevato rispetto ad una persona in posizione  $r-2$ .

Una scala ordinale è, ad esempio, quella che raggruppa la popolazione secondo tre classi di reddito (alto, medio, basso) senza indicare la quantità effettiva di reddito che corrisponde a ciascuna classe, né il reddito che possiede ogni elemento delle tre classi.

Il livello di misurazione delle scale ordinali è maggiore rispetto a quello delle scale nominali, in quanto è possibile ordinare gli elementi in base all'appartenenza ad una delle tre classi. Le scale ordinali non forniscono, però, alcuna informazione sulla differenza tra gli elementi appartenenti ad una stessa classe, che non risultano confrontabili.

La scala ordinale è transitiva, per cui se  $r > r-1$  e  $r-1 > r-2$ , allora  $r > r-2$ . In una scala ordinale non sappiamo, però, se la distanza tra  $r$  ed  $r-1$  è la stessa di quella tra  $r-1$  ed  $r-2$ .

Le **scale ad intervalli** e quelle a **rapporti** corrispondono, infine, al livello di misurazione più alto poiché consentono di ordinare gli elementi in base al valore quantitativo di una caratteristica.

In questo caso è possibile individuare anche la distanza tra gli elementi scegliendo una unità di misura di riferimento (per il tempo il secondo, per la lunghezza il metro, ecc.).

Stabilita una unità di misura, è possibile dedurre la differenza tra due elementi appartenenti alla stessa classe e determinare la distanza che intercorre tra loro. Si può, ad esempio, stabilire che la distanza tra A e B è doppia rispetto a quella tra A e C.

Con la scala ad intervallo è possibile solo confrontare le misure tra loro. Infatti la mancanza dello zero assoluto non consente di affermare quale tipo di relazione esiste tra un valore ed un altro, ossia se esso è un multiplo o un rapporto.

Un esempio di scale ad intervalli sono le scale Celsius e Fahrenheit per la misurazione della temperatura. Uguali differenze su queste scale rappresentano uguali differenze in temperatura, anche se non si può affermare che una temperatura di 30 gradi è il doppio di una temperatura di 15 gradi.

La **scala di rapporti** è simile a quella ad intervalli con la notevole differenza che in questa si individua uno zero assoluto che consente di operare con le moltiplicazioni e le divisioni.

Le scale di rapporto possono essere scale metriche (la lunghezza) e scale quantitative (il denaro).

A partire dalle diverse tipologie di dati è possibile utilizzare i metodi statistici per ricavare risultanze ed individuare relazioni tra gli elementi analizzati.

A questo scopo si utilizzano sia procedure **statistiche univariate** che procedure **statistiche multivariate**.

Mentre con la prima è possibile effettuare confronti ed ordinamenti di elementi di una stessa classe rispetto a singole caratteristiche (ad esempio la media o la deviazione standard), con la statistica multivariata è possibile confrontare elementi aventi caratteristiche differenti ed appartenenti a diverse classi.

Le tecniche multivariate rappresentano una famiglia di strumenti per la conoscenza delle relazioni esistenti all'interno di un sistema urbano. Quest'ultimo, infatti, essendo complesso comprende un numero elevato di elementi e solo tecniche che utilizzano più sistemi di dati consentono di poter individuare le potenziali relazioni tra tali elementi e poter comprendere quale ne sia la struttura ed il funzionamento.

Queste tecniche analizzano contemporaneamente molti dati (input), qualitativi e quantitativi, e restituiscono un numero ridotto di variabili significative (output). Il loro limite si ritrova proprio nella restituzione di un numero di variabili minori rispetto a quello dei dati considerati, il che comporta per l'analista urbano l'onere di individuare tra le variabili emerse dai dati quelle che consentono una interpretazione efficiente del funzionamento del sistema di riferimento.

### **La modellazione**

Un **modello** è uno schema teorico che descrive un fenomeno o un insieme di fenomeni mettendone in evidenza le caratteristiche strutturali più rilevanti.

Mettere a punto un modello significa estrapolare dalla realtà e dal fenomeno che si vuole modellizzare quei tratti e quelle caratteristiche che ne spiegano il comportamento e il funzionamento in riferimento ad uno specifico obiettivo di conoscenza (nel nostro caso il governo delle trasformazioni territoriali).

I modelli che si applicano allo studio del territorio e della città tendono, quindi, a spiegarne l'organizzazione ed il comportamento partendo dalle caratteristiche strutturali del sistema territoriale (popolazione, servizi, flussi, ...).

I modelli possono essere classificati in diversi modi. Una prima classificazione si basa su cosa si vuole rappresentare e su come rappresentarlo. In particolare:

- si parla di **modelli iconici** se di un sistema ne rappresentiamo la forma;
- si parla di **modelli analogici** se di un sistema ne rappresentiamo il comportamento;
- si parla di **modelli matematici** se di un sistema si rappresentano le relazioni interne.

I **modelli iconici** sono rappresentazioni somiglianti della realtà. Essi riproducono la forma reale degli oggetti mettendone in evidenza le caratteristiche formali. Un esempio di modello iconico è costituito dai plastici che riducono la scala degli edifici evidenziandone la struttura, l'involucro, la rete dei servizi, i sistemi connettivi, ...

I **modelli analogici** sono rappresentazioni di fenomeni territoriali o urbani che utilizzano le analogie con fenomeni appartenenti ad altri campi disciplinari.

La costruzione di questi modelli prevede la sostituzione, per analogia, di una proprietà del fenomeno da modellizzare con una proprietà simile. Un modello analogico sfrutta, quindi, una analogia di comportamento dei fenomeni.

Un esempio di modello analogico è quello che assimila il comportamento della città ad un sistema. Prima del modello sistemico esistevano altri modelli a cui si assimilava per analogia il comportamento della città. Il modello meccanicistico, ad esempio, paragonava la città ad una macchina basando il suo funzionamento su rapporti di causa-effetto (ad una azione corrisponde una reazione uguale e contraria). Con il tempo si è capito che il modello meccanicistico non poteva spiegare l'effettivo funzionamento del sistema urbano semplicemente analizzandolo per parti, ma era necessario considerare contemporaneamente tutti i fenomeni che si verificano al suo interno.

Dopo il modello meccanicistico si è passati così al modello organicistico, che assimilava la città al corpo umano, ed infine a quello sistemico.

I **modelli matematici** sono rappresentazioni simboliche della realtà, in cui ad elementi reali sono associati simboli. Si tratta di modelli di tipo matematico-algebrico basati su espressioni che individuano le relazioni tra gli oggetti.

I modelli matematici non descrivono la forma dei fenomeni, come i modelli iconici, ma cercano di spiegarne e prevederne il funzionamento attraverso espressioni algebriche che esprimono le relazioni interne al fenomeno stesso.

I modelli matematici possono essere di tipo diverso. Sono **descrittivi** se descrivono ed interpretano il sistema urbano così come si manifesta all'osservatore, mediante un insieme di equazioni.

Sono **previsionali** se contengono ipotesi valutative sul probabile andamento di un fenomeno. I modelli previsionali sono organizzati secondo una espressione algebrica che da un lato descrive la realtà

e dall'altro tenta di prevedere in anticipo i suoi assetti futuri; questi modelli sono difficili da costruire dovendo contenere fattori non facilmente prevedibili.

Sono **di proiezione** se proiettano ad un tempo  $t=t_1$ , diverso da  $t=t_0$ , l'andamento di un sistema, ipotizzando l'assenza di cause perturbatrici che possano sconvolgere tale andamento.

Per determinare, ad esempio, quale sarà la popolazione in un anno ipotetico del futuro (il 2010) possiamo utilizzare la distribuzione dei dati dal 1980 al 2000, costruire la retta interpolatrice mediante il metodo dei minimi quadrati e proiettare lo stesso andamento fino all'anno 2010, ipotizzando che non vi siano cause esterne che possano sconvolgere tale proiezione. Questi modelli sono più facili da elaborare dei modelli previsionali ma danno risposte meno precise.

Una seconda classificazione di modelli può essere effettuata in relazione al tempo, avendo come risultato modelli statici e modelli dinamici.

I **modelli statici** sono modelli la cui costruzione implica uno stato di equilibrio finale verso cui tendono tutte le componenti del sistema. Ricordiamo che lo stato di equilibrio finale che essi descrivono in realtà non esiste, in quanto tutti i sistemi evolvono verso stati di equilibrio sempre mutevoli nel tempo.

Ogni sistema, una volta raggiunto un equilibrio, evolve, infatti, verso un nuovo stato di equilibrio che sarà solo apparente.

I **modelli dinamici** cercano di fissare una legge di evoluzione temporale, senza prefigurare un particolare stato di equilibrio. Lo scopo di questi modelli è la ricerca della legge di evoluzione di grandezze strutturali del sistema e non la prefigurazione di una condizione di equilibrio finale. I modelli dinamici sono difficili da elaborare, in quanto riescono ad individuare una legge di evoluzione solo per poche grandezze, ma sono anche i modelli che meglio possono rappresentare un sistema.

I modelli possono essere, ancora, classificati in modelli deterministici e modelli probabilistici.

I **modelli deterministici** si basano su relazioni di causa-effetto e su rapporti di causalità. Sono modelli semplici e facilmente elaborabili ma che non rispecchiano il comportamento complesso del sistema urbano.

I **modelli probabilistici** interpretano i fenomeni in base alla probabilità che essi possano verificarsi. Per costruire questi modelli si ricorre a tecniche di analisi statistica con le quali si ricerca la legge che regola il comportamento degli individui e la loro distribuzione più probabile nello spazio analizzando il comportamento di un numero elevato di individui, aggregati in categorie, senza badare al comportamento del singolo.

Non si cerca di capire quale è il fenomeno che sicuramente accadrà ma quello che con più probabilità potrà accadere.

Dalla certezza dei modelli deterministici si passa così alla incertezza di quelli probabilistici. Se i modelli deterministici ricercano certezze improbabili, quelli probabilistici ricercano, all'interno di un sistema di incertezze, le certezze più probabili in termini statistici.

Un accenno a parte meritano i **modelli di pianificazione**, detti anche modelli normativi. Essi includono al loro interno altri modelli, in particolare di tipo descrittivo e previsionale, e tengono conto degli obiettivi di pianificazione e dei vincoli che gravano sul territorio.

I modelli di pianificazione sono modelli cibernetici che cercano di controllare le cause che provocano l'evoluzione di un fenomeno e lo portano ad un determinato assetto futuro, attraverso un controllo cadenzato nel tempo.