

## Criteria e strumenti di valutazione nella pianificazione urbanistica. Caratteri di un modello informatizzato<sup>1</sup>

Mattia S\* - Barili A\*\* - Bianchi R\*\*\* - Muzio G\*\*\*\*

### Premessa e ambito generale

La vastità del campo di indagini obbliga a puntualizzare e circoscrivere gli obiettivi del lavoro che presentiamo in questa sede. L'aspetto valutativo nella pianificazione urbanistica è stato ampiamente trascurato in Italia; soltanto in questi ultimi tempi l'argomento, tutt'altro che esaurito e convalidato sotto il profilo metodologico e nella sperimentazione pratica, viene ri-affrontato in modo organico da una serie di contributi che ne hanno studiato articolazione e contenuti particolarmente in relazione ai nuovi obiettivi dello sviluppo sostenibile.

Quest'ultimo approccio impone una conoscenza completa e approfondita delle implicazioni sociali, economiche, finanziarie, ambientali delle diverse e tutte possibili strategie di intervento. Ogni studio per un nuovo assetto della città o del territorio va condotto nella inclusione del più rilevante obiettivo della ottimizzazione del-

---

1) Questa relazione documenta i risultati intermedi della ricerca sviluppata dalla Unità Operativa costituita presso il Politecnico di Milano nell'ambito del Progetto Nazionale finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica "Gli aspetti scientifici delle metodologie di valutazione del piano e del progetto".

Coordinatore della ricerca è il prof. Enrico Fattinanzi dell'Università degli Studi di Reggio Calabria - Facoltà di Architettura. Responsabile dell'Unità Operativa è il prof. Sergio Mattia dell'Università degli Studi di Firenze - Facoltà di Architettura. Al dott. ing. Antonio Barili, ricercatore dell'Università degli Studi di Pavia - Facoltà di Ingegneria, Laboratorio di Robotica, è affidato il compito di sviluppare lo studio e la implementazione del programma di calcolo del modello di valutazione delle scelte nella pianificazione d'area.

\* Prof. straordinario di Estimo ed Esercizio professionale nell'Università di Firenze.

\*\* Ricercatore nell'Università di Pavia.

\*\*\* Dottoranda di ricerca presso la Facoltà di Architettura dell'Università di Reggio Calabria.

\*\*\*\* Dottorando di ricerca presso la Facoltà di Architettura presso l'Università di Valladolid (Spagna).

le condizioni di benessere collettivo, in una estensione dell'orizzonte temporale e nella accettazione del principio di equità intragenerazionale e intergenerazionale. In una tale ottica, il puntuale riscontro dei contenuti può aversi nel costante riferimento a concetti di valore allargati e, in modo particolare, alla fortunata teorizzazione del valore economico totale e quindi alle sue tre componenti *valore d'uso effettivo, valore di opzione, valore di esistenza*.

In virtù di questi riconoscimenti, che in definitiva costituiscono chiare risposte alle esigenze di evoluzione delle società contemporanee e fondamentali principi intorno ai quali sviluppare un coerente processo di conoscenza, di valutazione, di impiego e fruizione socializzata delle risorse, l'area culturale ed applicativa delle discipline economico-estimative per l'urbanistica e l'architettura avverte la necessità di *creare le possibilità di verificare attraverso opportuni metodi di valutazione, l'intero processo progettuale o pianificatorio in tutte le sue articolazioni*. La questione viene così aperta proprio sul piano dei fondamenti scientifici delle operazioni pianificatorie. Le proposte che sfuggono ad ogni sistematizzazione e controllo scientifici non possono essere accolte. *La loro validità risiede appunto nella fondazione scientifica; cioè, nella adozione di metodi che esplicitino le premesse etiche ed i convincimenti ideali che sono alla base delle impostazioni teoriche e delle ipotesi di progetto e di piano proponibili, delle ragioni che hanno consigliato la scelta di una soluzione*.

Questa idea nodale dell'ancoramento a basi scientificamente corrette dei temi della città e del territorio non si pone dunque in contrapposizione con la tradizione di ricerca *interpretativa e progettuale*. Ne viene esaltata anzi l'importanza del progetto, come fondamento specifico, primo strumento di pensiero e di intervento. Negli sviluppi disciplinari della pianificazione del territorio in Italia, la ripresa e la tendenziale affermazione di una analisi interpretativa e, per questo stesso motivo, creativa e progettuale con ogni probabilità risultano fortemente condizionate proprio dalle reali possibilità di considerare la complessità dei problemi secondo i principi generali che reggono oggi il pensiero scientifico.

In termini sempre più evidenti si può constatare la necessità di questa nuova impostazione. E' stato opportunamente osservato come *la progettazione non si configura più come una attività a sé stante, in quanto sezione definita dell'intero processo, ma come attività continua che qualifica tutte le fasi operative, attraverso le quali si attua un intervento sul territorio, e le*

*decisioni di tutti gli operatori.* Questo allargamento di campo va ricondotto prevalentemente alla progressiva estensione dei problemi, dovuta alle provocate difficoltà di mantenimento di consolidati *equilibri ambientali*.

In una oggettiva situazione di crisi simultanea di tradizionali modelli di governo dei processi produttivi ed insediativi, la cultura progettuale non può ulteriormente ignorare gli aspetti dinamici ed evolutivi del *sistema umano ed urbano*, ogni specifica condizione di interazione e di equilibrio perduto o compromesso nei successivi stadi di sviluppo. L'ambiente naturale/artificiale va riconosciuto come *sistema aperto*, biologicamente attivo ed in evoluzione. E questo implica appunto che *la sua dinamica non può essere indagata e controllata, operando riduttivamente su presunti ed effimeri momenti di equilibrio*.

Progettare l'ambiente presuppone allora un riferimento continuo ai concetti fondamentali della *Scienza*, una puntuale opera di *ricerca*, *all'interno dei livelli di organizzazione della struttura, delle invarianti del sistema stesso*. In ogni momento, devono essere chiaramente avvertite l'importanza della identificazione dei legami fra le variabili, nonché la opportunità di definizione dei più opportuni modelli per assicurare il controllo nei processi di mutamento o modificazione. *E' nella conoscenza e nel mantenimento del giusto rapporto tra le invarianti di un dato livello di organizzazione della struttura e le modalità e il grado delle trasformazioni compatibili o delle mutazioni irreversibili che si può trovare la garanzia di una opportuna configurazione di equilibrio*. L'efficacia di questo approccio indubbiamente può aumentare notevolmente in relazione alla capacità di implementazione di *strumenti di controllo teorici ed operativi in grado di rappresentare e valutare direttamente il disequilibrio strutturale del sistema, definirne la dinamica morfogenetica anche nei momenti di discontinuità organizzare progettualmente la stessa logica evolutiva*.

In questo schema generale si inserisce la cultura della valutazione, con tutta la forza del *patrimonio autentico, concettuale e costitutivo, in evoluzione, di una disciplina dotata di una propria autonomia: l'ESTIMO* nella sua attuale estensione ambientale. Le stesse potenzialità di sviluppo in una tale direzione appaiono condizionate dalla capacità di individuare strumenti efficaci per una interpretazione critica delle vicende istituzionali, insediative, pianificatorie e progettuali all'interno delle strategie rivolte a dominare complessivamente i molteplici aspetti del problema ambientale. Di fronte alla vastità delle variabili coinvolte in questi processi, diventa essenziale verificare sino in fondo le potenzialità innovative di un *nuovo rapporto con gli altri patrimoni*

*scientifici dotati di una loro diversa autenticità ed autonomia, nonché la capacità di ricondurre nell'ambito della propria consolidata impostazione teorica e metodologica strumenti e modelli mutuati appunto dalle altre Scienze. Questo comporta in effetti una costante attenzione rispetto agli effetti indotti, alla congruenza od incongruenza con l'autenticità e l'autonomia del corpo disciplinare e degli ambiti di ricerca in cui ogni nuova tecnica viene ri-testualizzata.*

Nella sperimentazione in questo contesto, con ogni probabilità nodale può diventare il tema delle *forme insediative*. L'interpretazione del *bisogno di immagine*, se da un lato costituisce una prospettiva rilevante di ricerca, può comportare evidenti ragioni di discussione e contrapposizione. Il rischio è di assistere ad un complessivo rifiuto delle tecniche di valutazione, di vederle considerate come una indebita invasione di campo, un tentativo di riduzione della libertà progettuale.

In effetti, va accolta l'idea che *l'immagine scorre tra i due poli rappresentati dalla forma come strumento e dalla qualità morfologica come risultato, e può fermarsi più prossima all'una o all'altro di essi in relazione ai modi, alla scala, alla capacità, alla libertà con cui il progettista agisce.*

L'immagine, nel suo significato più strettamente correlato all'uso della forma, costituisce *un obiettivo del lavoro del pianificatore, uno strumento stesso del piano.*

A nostro avviso, l'approccio valutativo non deve assolutamente incidere a questo livello. Esso va orientato verso la verifica dei risultati, della qualità complessiva della proposta di piano, nel riferimento per l'aspetto appunto morfologico essenzialmente ai desideri, ai bisogni dell'utenza. In ogni caso è necessario che assuma forme in grado di costituire un chiaro momento di verifica della unitarietà tra struttura urbana e modelli di vita. In questa direzione, fondamentali diventano l'assunzione delle ipotesi di lavoro dello sviluppo sostenibile, il riconoscimento e la valorizzazione dei peculiari caratteri culturali, fisici ed economici del territorio, la traduzione delle pratiche di pianificazione e la esplicitazione degli obiettivi secondo concetti scientifici, e quindi nelle forme più opportune per una costante verifica di ogni implicazione. In tutti questi momenti deve, comunque, risultare chiaro che anche *la valutazione non è una scelta obbligata, ma, se praticata, non ammette equivoci, anzi esige coerenza.*

## Gli ambiti specifici

La ricerca "Criteri e strumenti di valutazione nella pianificazione urbanistica" si è finalizzata, fin dall'inizio, alla definizione di un approccio valutativo in grado di cogliere, in una visione globale, i principali caratteri, i riflessi e gli esiti di diversificate ipotesi di trasformazione di "parti di città". L'obbiettivo primario era la definizione di un modello di controllo quantitativo e qualitativo degli interventi, dalla scala dell'ambito elementare sino a quella del complesso insediativo polifunzionale; tale aspetto veniva posto prevalentemente in rapporto alle effettive potenzialità di impiego di capitali pubblici nella produzione di beni di interesse collettivo e/o di soddisfacimento di operazioni di carattere commerciale.

Lo sviluppo del lavoro parte così dalla considerazione della necessità ed utilità di rendere disponibili strumenti valutativi efficaci e di semplice impiego nelle politiche di "urbanistica contrattata". Con questo atteggiamento non si intende assolutamente condividere sino in fondo gli schemi istituzionali e culturali posti pragmaticamente a fondamento di tali processi. Intorno alle motivazioni e ai risultati di questa fase di intervento la riflessione è aperta ma non sembrano delinearsi chiari orientamenti alternativi. Ciò che appare invece evidente è la opportunità di perfezionamento ed estensione delle tradizionali forme di controllo della *equità* degli accordi.

In questa logica, si è orientata inizialmente la procedura di valutazione. Il problema è stato strettamente correlato con l'esigenza di individuazione e misurazione degli indicatori caratteristici dei cambiamenti di stato per gli attori del processo. E dato che la verifica di ogni soluzione ammissibile doveva soddisfare il principio della equità, l'analisi dei punti critici del processo si è interamente riferita alle metodologie e alle interpretazioni del concetto di valore proprie della disciplina estimativa. Gli aspetti più interessanti di queste elaborazioni sono stati indicati in precedenti rapporti e possono, comunque, essere facilmente ricompresi nell'approccio che in questa sede viene proposto. Con esso si vuole affrontare il problema in termini più stimolanti sia dal punto di vista teorico che interpretativo, permettendo una più ampia convergenza di studi, riflessioni ed analisi provenienti da molteplici aree disciplinari.

Questa nuova fase della ricerca è orientata alla formulazione di un *sistema di valutazione* capace di operare, in modo continuo e ai

diversi livelli, lungo l'intero percorso decisionale. Nodale diventa il problema della definizione dei criteri operativi per una confacente e complessiva considerazione delle risorse, dei vincoli e degli obbiettivi. In questa elaborazione, viene assunta come premessa fondamentale *l'esigenza di contemperare le ottiche di tutti gli operatori del processo*; di conseguenza la valutazione è concepita non soltanto come strumento di verifica o di controllo degli esiti progettuali, ma viene direttamente connessa agli aspetti di carattere decisorio, con una significativa funzione di guida. L'intento è dunque di *esplicitare le relazioni tra i diversi ordini del problema all'interno di un unico modello in grado di stabilire una diretta correlazione tra gli strumenti di controllo e di guida alla qualità ambientale e le fasi del processo all'interno delle quali gli strumenti stessi debbono incidere sulle decisioni degli operatori coinvolti.*

Nell'ambito della logica di questo approccio viene perfettamente ricompreso l'iniziale argomento del controllo collettivo dell'equità di un accordo di programma. Il campo di indagine viene, tuttavia, allargato profondamente e posto in rapporto con le attuali tematiche della qualità degli interventi, con l'esigenza di definizione di opportuni strumenti di comprensione, nell'atto pianificatorio, dei molteplici aspetti culturali-normativi, funzionali-organizzativi, fisici della struttura territoriale. In sostanza, il lavoro vuole contribuire al superamento della difficoltà in precedenza ricordata di fondare su adeguate basi scientifiche i momenti della analisi e della progettazione territoriale. Lo sviluppo dei metodi di controllo e di guida della qualità progettuale, *sembra costituire la premessa perché il pianificatore o il progettista cessi di essere oggetto di processi altrui, percepiti in quanto limitazioni della propria autonomia propositiva e capacità espressiva, ostili e forse incomprensibili, ma si ponga soggetto attivo che partecipi coscientemente, con un proprio ruolo specifico ai processi in atto.*

In riferimento a questo costante obbiettivo, la parte più delicata dello sviluppo del modello è costituita dalla capacità di rappresentazione, attraverso un linguaggio formalizzato, dell'insieme dei dati inerenti alla struttura territoriale suscettibile di interesse. Questa opera di specificazione dei principali caratteri ritenuti degli ambienti fisico, normativo, e economico, deve rispondere, infatti, innanzitutto alla fondamentale esigenza di piena congruenza con le consuete pratiche di approccio ai temi della pianificazione territoriale. L'efficacia delle procedure di simulazione dei processi decisionali dipende proprio dalla possibilità di consentire una rapida generazione, alle varie scale di definizione, di ammissibili soluzioni progettuali.

Direttamente collegata a questa problematica è la necessità di disporre di un sistema esperto per la ricerca e la elaborazione delle *informazioni*. A questo livello l'attenzione è rivolta verso tutti gli aspetti connessi alla definizione della qualità progettuale, e, cioè, di schemi localizzativi, dimensionali e organizzativi, compatibili con ogni vincolo di carattere normativo ed esigenziale.

In sostanza, si tratta di definire uno strumento in grado di orientare il pianificatore nell'azione di costruzione di alternative ammissibili, con il più ampio recupero ed in una lettura unificata di informazioni provenienti da molteplici settori. Rispetto a numerosi altri studi inerenti al medesimo argomento, nel nostro caso l'interesse viene limitato essenzialmente alla formazione di una *banca dati* idonea a semplificare un autonomo processo di pre-selezione di soluzioni ritenute rilevanti in relazione agli specifici caratteri della struttura esaminata. In questa visione si determina una completa separatezza tra i momenti della definizione dei caratteri della struttura territoriale e di elaborazione delle alternative di intervento.

Chiarite brevemente queste ipotesi di lavoro riferite interamente agli schemi metodologici ed agli strumenti per il trattamento delle informazioni e la definizione di soluzioni progettuali ammissibili, possiamo ora rappresentare i caratteri del più specifico contributo che la ricerca si propone di offrire. In un quadro già fortemente orientato *alla costruzione in termini automatici di uno spazio di stato*, e cioè di un insieme di schemi insediativi tutti egualmente possibili, occorre inserire gli elementi più opportuni per procedere alle operazioni di confronto tra le alternative ritenute significative, e quindi di verifica della capacità di perseguimento degli obiettivi del piano. Si pone allora il problema di individuare i parametri che possano fornire una facile e riconoscibile interpretazione della qualità progettuale. Essi devono essere in grado, cioè, di consentire la valutazione del livello di rispondenza del progetto all'insieme degli obiettivi e alla gerarchia di interessi della pluralità dei soggetti individuali e collettivi implicati; il promotore, il pianificatore, gli organismi responsabili della amministrazione e gestione della struttura territoriale e di sue parti, l'utenza dirette, indiretta, potenziale e futura.

Il modello valutativo tende a rendere possibile questo processo di verifica degli esiti mediante indicatori parametrici o, più brevemente, parametri misurabili monetariamente. Tale tentativo non è esclusivamente rivolto a limitare la soggettività propria di ogni altra

proposta potuta esaminare, ma vuole contemporaneamente garantire, nel contenimento delle variabili, una reale possibilità di riconoscimento delle ragioni che portano ad esprimere una decisione. In questi termini si ritiene, cioè di potere conferire alla intera procedura le indispensabili caratteristiche di sinteticità, trasparenza, intelligibilità e inequivocabilità.

### **Lo schema metodologico**

La convinzione appena espressa di dovere definire un sistema di controllo fondato su *parametri monetari* ha determinato l'iniziale necessità di stabilire i criteri per un utile ed automatico processo di conoscenza degli effetti sul benessere collettivo determinati dalle scelte inerenti al sistema dei beni territoriali. Nella attuale fase di sviluppo della metodologia, questo problema è risolto con l'introduzione del parametro *costi di spostamento*. Si ritiene, cioè, di potere pervenire ad una significativa misurazione di ogni implicazione nella osservazione delle variazioni prodotte sui tempi di spostamento nel passaggio dalla situazione di non intervento a quella ipotizzata. O meglio, per ogni ipotesi di modificazione dell'assetto quali-quantitativo delle esistenti attrezzature puntuali o a rete (di solo carattere cinematico) le variazioni di equivalenza o di compensazione vengono fatte dipendere dal solo bisogno di contenimento dei tempi di utilizzo della rete cinematica e sono calcolate in funzione dei conseguenti costi evitati o aggiuntivi.

In relazione a questo principio, l'operatività del modello è resa possibile mediante una preliminare azione di individuazione delle aree di influenza di ogni famiglia di attrezzature puntuali e degli specifici caratteri quali-quantitativi di ciascun componente. Questo aspetto viene risolto in termini formali con il riferimento al concetto di interazione economico-spaziale e, quindi, attribuendo ad ogni singola attrezzatura una energia potenziale di localizzazione rispetto ad ogni possibile utente. Si determina così una legge moltiplicativa, le cui variabili indipendenti sono costituite dalla distanza dell'utente potenziale dall'attrezzatura e dalla particolare importanza quali-quantitativa della medesima attrezzatura. Sono questi stessi caratteri che influenzano il valore degli esponenti; mentre il valore della costante dipende dalla posizione gerarchica della attrezzatura all'inter-



no della struttura territoriale. La definizione complessiva dei coefficienti costituisce indubbiamente il problema più rilevante e può benissimo essere perseguita all'interno delle logiche econometriche; essi comunque devono essere assunti come dati invariabili del modello. Evitiamo in questa fase di sottolineare ogni altra complicazione possibile di tale schema; su tali aspetti le riflessioni non possono essere ritenute definitive, anche in merito alla rilevante possibilità di considerazione della dimensione temporale.

Un secondo momento di approfondimento riguarda più direttamente gli effetti sulla crescita economica in termini di reddito reale. Il riferimento obbligato per la misurazione delle variazioni di questo parametro in relazione ad ogni ipotesi di cambiamento di stato diventa ora il *principio di competitività*. Si tratta cioè di prendere in considerazione i modelli che si riferiscono soltanto alla dimensione e alla dinamica quantitativa delle diverse attività economiche opportunamente aggregate. Nell'attuale sviluppo della ricerca si è preferito, soltanto ai fini di semplificare la sperimentazione, utilizzare il contributo pur sempre rilevante della teoria della base esportatrice, nella sua estensione dinamica e nella più ampia espressione dello stesso concetto di attività di base.

I costi indotti di insediamento sono assunti come ultimo parametro indicatore dei rapporti tra l'intervento e il sistema territoriale. Indipendentemente dalla capacità del progetto di fornire un diretto contributo alla produzione di opere puntuali o a rete di interesse collettivo, sembra utile caratterizzare il modello valutativo in questa direzione. L'osservazione di questa variabile è, con ogni probabilità, necessaria in un processo decisionale rivolto a *correggere la logica di uno sviluppo urbano fondato sulla massimizzazione delle rendite e dei profitti privati a discapito della collettività, sulla quale vengono scaricati gli oneri e le conseguenti diseconomie*. E' in corso un tentativo per esprimere il parametro in forma moltiplicativa. Nel riferimento a studi in precedenza effettuati, le variabili indipendenti inserite nel modello regressivo multiplo sono: gli abitanti insediati, la variazione percentuale di attività di base, l'indice di concentrazione, l'incremento di tale indice, il reddito reale pro-capite. Anche in questo caso va ricordato che la formalizzazione matematica del problema deve costituire un dato del modello valutativo.

In questi termini si può considerare completata l'esposizione riferita al proposito di cogliere, in una traduzione monetaria, le principali implicazioni di carattere macroeconomico. Non si ritiene opportuna alcuna integrazione di questo quadro per la interpretazione del bisogno

di tutela ambientale. Questo aspetto va affrontato nel momento in cui si definiscono gli obiettivi del piano. Ogni sua esplicitazione iniziale diventa un chiaro vincolo alla attività progettuale e può essere facilmente introdotta all'interno del sistema esperto per la ricerca e la elaborazione delle informazioni.

Per gli aspetti non ritenuti di carattere normativo, ogni contraddittorietà intrinseca al sistema degli obiettivi può essere individuata e limitata nel momento di confronto tra le alternative e di definizione delle logiche di ordinamento. A nostro avviso, è proprio in questa fase che ogni politica di sviluppo sostenibile può essere appropriatamente sottoposta a verifica. In questa sede il modello valutativo può far emergere nella giusta dimensione la natura e consistenza del sacrificio collegato ad ogni possibile decisione che può incidere nella formazione dei valori di opzione ed esistenza. Occorre allora evitare ogni confusione tra il ricorso agli strumenti valutativi e l'impiego di modelli decisionali. Questa riflessione è importante, anche se conviene ricordare che il sistema di valutazione qui delineato è fortemente orientato a rendere evidenti le ragioni della decisione con il metodo min-max. Al proposito va sottolineato che, in una più puntuale specificazione degli obiettivi, ogni perfezionamento ed integrazione dell'analisi valutativa risulta sempre possibile dal punto di vista metodologico ed operativo.

Rimane ora da indicare come il modello si configura rispetto agli obiettivi che possono più strettamente essere riferiti agli ambiti territoriali interessati direttamente dall'intervento. Il problema del controllo degli effetti viene ricondotto nell'ambito dei consueti schemi dell'analisi finanziaria. In sostanza, si ritiene di potersi riferire completamente al mercato per valutare la capacità del progetto di soddisfare le esigenze dei soggetti a tale livello implicati.

Il parametro più utile per queste determinazioni è il vantaggio netto dell'investimento. Si tratta cioè di operare sulle variabili indipendenti: valori di mercato dei beni di carattere commerciale progettati, costi di produzione degli stessi, costi diretti di insediamento, nonché il valore di mercato delle aree e dei manufatti direttamente interessati nella condizione di non intervento. La eventuale presenza di questi beni quasi-commerciali non comporta alcuna rilevante complicazione. In tali casi occorre inserire nell'indagine il parametro disponibilità a pagare dei potenziali utenti aventi diritto e tra le variabili indipendenti comprendere ogni possibile forma di sostegno collettivo al processo produttivo.

## Lineamenti del programma di calcolo

Il programma di calcolo, attualmente in fase di sviluppo, consente di valutare e ottimizzare differenti ipotesi d'intervento secondo gli schemi metodologici in precedenza esposti.

I caratteri della struttura territoriale di riferimento sono acquisiti a mezzo file testo; la versione finale del programma permetterà di operare graficamente e di generare mappe tematiche per le diverse proposte di intervento, nel rispetto di ogni vincolo.

Si descrivono ora le strutture dati utilizzate per la rappresentazione del territorio e i criteri di scelta degli algoritmi di ottimizzazione. Esse sono state studiate ed ottimizzate per consentire la massima flessibilità nella formulazione del modello matematico ed una adeguata efficienza computazionale.

Gli interventi considerati hanno dimensioni tipiche di 80.000-150.000 mq con risoluzione di 3000 mq: di conseguenza in una particolare ipotesi d'intervento è necessario definire gli attributi di circa 50 regioni piane. L'area d'intervento può essere moltiplicemente connessa, cioè coinvolgere più regioni piane anche non confinanti.

La valutazione dei progetti deve necessariamente tenere conto dello stato di fatto non solo nell'ambito di intervento ma anche per il territorio circostante ritenuto rilevante, sia a breve che a grande distanza. Si individuano, pertanto, oltre all'area di intervento, altre due regioni: una regione limitrofa (all'area di intervento) ed una regione esterna, che sono rappresentate con risoluzioni più grossolane.

Indicativamente la regione limitrofa viene rappresentata a livello di isolato, mentre quella esterna a livello di zona omogenea. Va detto che non sono state ancora fatte valutazioni precise della risoluzione necessaria per ottenere un definito livello di accuratezza nel calcolo del modello matematico.

La struttura territoriale nella regione esterna può essere rappresentata con punti oppure esplicitamente con regioni piane, evidenziando la rete cinematica.

La struttura dati adottata richiede una quantità di memoria molto limitata e comunque proporzionale al numero di dettagli che devono essere rappresentati, siano essi punti o regioni piane; essa consente inoltre di implementare algoritmi di elaborazione molto efficienti.

Il territorio viene schematizzato con un grafo planare (mappa), dove i lati del grafo possono identificare sia i confini fisici (strade, fiumi) che quelli amministrativi; vertici isolati rappresentano la struttura territoriale della regione esterna.

L'estensione della mappa deve essere, dunque, tale da comprendere l'intera regione esterna considerata dal modello. In termini analitici abbiamo:

DEF: la mappa  $M$  è una struttura dati  $M=(N, E, R)$  dove  $N$  è l'insieme dei nodi,  $E$  l'insieme dei lati (edges) e  $R$  l'insieme delle regioni piane da essi delimitate.

L'insieme dei lati è rappresentato in forma tabellare come mappa di incidenza LCNN (indica il prodotto cartesiano).

L'insieme delle regioni è rappresentato anch'esso in forma tabellare indicando per ogni regione l'insieme dei lati che ne costituiscono il confine.

A ciascun elemento degli insiemi  $N$ ,  $E$  ed  $R$  è associato un gruppo di attributi che ne identificano le caratteristiche della struttura territoriale.

Va osservato che la struttura dati considerata è ridondante; è cioè possibile rappresentare un grafo planare utilizzando un minore numero di informazioni e sfruttando le relazioni topologiche fra nodi, lati e regioni; tuttavia tale ridondanza non comporta particolari problemi, in quanto la mappa  $M$  non subisce modifiche durante l'elaborazione del modello e la sua coerenza interna può quindi essere verificata a priori.

Nel contempo, tale rappresentazione consente elaborazioni molto veloci ed efficienti sia per calcoli che coinvolgono entità omogenee (es. solo regioni), sia per quelli che coinvolgono entità eterogenee (es. lati e regioni); per inciso, la velocità di elaborazione è essenziale per l'implementazione di metodi di ottimizzazione non deterministici.

Nell'ambito della mappa si identifica l'*area di intervento* come i sottoinsiemi  $N'CN$ ,  $E'CE$  ed  $R'CR$  i cui attributi territoriali risultano modificati rispetto allo stato di fatto dall'intervento stesso. Nel valutare le diverse *ipotesi di intervento*, l'area di intervento viene di volta in volta sostituita con una nuova struttura  $(N, E, R)$  che può rappresentare sia una semplice variazione negli attributi delle regioni esistenti, sia un nuovo insieme: in questo secondo caso è necessario porre il vincolo che la nuova struttura dati ricopra interamente ed esattamente il territorio considerato in precedenza. Ulteriori vincoli sono neces-

sari per garantire coerenza fra lati e nodi della mappa originale (lo stato di fatto) e la nuova mappa relativa all'ipotesi di intervento da considerare.

La struttura dati adottata consente di prendere in considerazione contemporaneamente differenti ipotesi di intervento, in quanto è estremamente compatta in termini di occupazione di memoria. Non viene, infatti, memorizzata alcuna mappa in senso topografico, ma si ha una rappresentazione simbolica del territorio, che può essere resa agevolmente in forma grafica, anche applicando differenti funzioni di rappresentazione ed ottenendo quindi mappe tematiche diverse sulla base della stessa rappresentazione simbolica.

L'uso di una rappresentazione simbolica consente inoltre di archiviare numerose mappe in forma testuale, realizzando in questo modo vere basi di dati territoriali.

La valutazione delle ipotesi di intervento procede in due fasi: in una prima fase si verifica il soddisfacimento dei vincoli normativi ed esigenziali, successivamente si passa all'ottimizzazione nel riferimento a predefinite funzioni obiettivo.

La procedura può essere formulata matematicamente come un problema di ottimizzazione vincolata, dove le funzioni vincolo sono rappresentative di ogni esigenza non esplicitata a livello normativo. Tali vincoli possono prendere la forma di soglie minime e massime per i valori che assumono gli indicatori di stato della struttura territoriale.

Un diverso discorso vale per le funzioni obiettivo dell'ottimizzazione. In molti problemi la funzione da ottimizzare è una funzione scalare delle variabili del problema, spesso dotata di ottime proprietà di regolarità e convessità e tale quindi da poter essere trattata con i comuni metodi di ottimizzazione basati sul calcolo delle derivate parziali, come il metodo del gradiente. Nel caso considerato, si è spesso in presenza di diverse funzioni obiettivo o, se si preferisce, di una funzione vettoriale delle variabili del problema. Per ciascuna delle variabili sono definibili sia un valore B (bad) che rappresenta un limite inferiore di accettabilità, sia un valore G (good) che rappresenta il limite superiore al di sopra del quale è inutile insistere con l'ottimizzazione, concentrandosi invece su altre funzioni obiettivo.

Appare quindi appropriata l'adozione di un metodo di ottimizzazione di tipo min-max dove si cerca di minimizzare la funzione obiettivo che all'iterazione precedente aveva valore massimo. Questo nell'ipotesi che il problema sia formulato come un problema di minimo. Durante il processo si trascurano le funzioni obiettivo

che hanno già raggiunto o superato il loro valore  $G$  a tutto vantaggio di quelle che non lo hanno ancora raggiunto o che, peggio ancora, non hanno ancora raggiunto il valore  $B$ .

L'adozione di tale metodo consente di ottenere un ottimo equilibrato tra le varie funzioni obiettivo, che sono spesso in contrasto fra loro.

Il programma ad oggi sviluppato consente di valutare lo stato di fatto e differenti ipotesi di intervento su mappe di prova sintetizzate al calcolatore. Deve essere ancora determinato il legame tra risoluzione della mappa a varie distanze dalla regione di intervento (supposta semplicemente connessa) e l'accuratezza dei calcoli sul modello.

Per il processo di ottimizzazione si stanno valutando diversi algoritmi; dato l'elevato numero di variabili in gioco appaiono interessanti alcuni metodi di ottimizzazione non-deterministica (c.d. metodi Montecarlo) che, pur non garantendo il raggiungimento di un ottimo assoluto, sono meno sensibili a minimi locali nelle funzioni obiettivo.

Da ultimo, è allo studio una interfaccia utente di tipo grafico per consentire una manipolazione diretta ed interattiva delle mappe e per la conseguente presentazione dei risultati.

## Summary

The main objective is the definition of a model for quantitative and qualitative control of interventions. At this stage, the research is aimed at formulation of an evaluation system able to operate during the whole decisional process. It has been assumed as fundamental statement *the exigency to consider the points of view of any involved operators*; as a consequence, evaluation is directly linked to decisional aspects, having an important guide function. It is a question of defining an instrument able to help the planner in finding admissible alternatives. We ought to introduced the most opportune elements in order to start the comparison operation among meaningful alternatives, and then to verify the capability to pursue the project's objectives. The evaluation model tends to make this verification process of results possible through parametric indicators or, briefly, monetary measurable parameters.

The most delicate question of the development of the model consists in the capacity of represent, through a formalized language, all the data regarding to the territorial structure susceptible of interest. Directly linked to this matter is the necessity to have the disposal of an expert system for search and elaboration of *informations*. The computer program allows to evaluate and optimize different hypotheses of intervention, in accordance with the methodological schemes exposed, and it allows to graphically operate and to generate thematic maps for the different proposals of intervention, respecting any constraint.

## Résumé

Objectif principal de la recherche c'est la définition d'un modèle de controle quantitatif e qualitatif des interventions de transformation de "parties de ville". Cette phase de recherche est orientée à la formulation d'un système de valuation capable d'agir pendant tout le temps de la decision. La partie la plus délicate du développement du modèle se compose de la capacité de représenter l'ensamble de données inhérentes à la structure territoriale prise en consideration. Par rapport à ce problème il faut dispose d'un système expert pour la recherche et l'élaboration d'informations.