

La stima dei costi di intervento per la riduzione della vulnerabilità sismica nei centri storici minori

Daniela Azzarà *

Introduzione

In linee generali si può affermare che lo stato attuale di un territorio raffigura la sintesi dei fenomeni naturali e/o prodotti dall'uomo succedutisi nel corso dei secoli. La "forma" del territorio rappresenta infatti la sintesi degli elementi che lo compongono in un dato momento storico e che derivano da interventi e da trasformazioni antropiche.

Per avere una visione complessiva del territorio è perciò necessario individuare e aggregare tutte le possibili informazioni che possono contribuire a fornire un quadro complessivo della realtà culturale in esame. A tal fine è necessario non trascurare alcuni aspetti minori, considerati a torto secondari, e connessi alle vicende storiche, sociali ed economiche del territorio in esame, che contribuiscono in modo determinante a definirne il volto storico e a costituirne un patrimonio e una risorsa di valore complessivo. La stessa considerazione vale per i centri storici o abitati considerati minori esclusivamente per le loro dimensioni fisiche e demografiche, e non perché privi di valori storico-culturali.

Si rivela perciò fondamentale la lettura analitica del tessuto storico con un preciso riferimento alle tipologie edilizie, intese come prodotti dell'esperienza storica ma caratterizzati da peculiari valenze di trasformazione. L'analisi e la comprensione del linguaggio costruttivo oltre che contribuire alla conoscenza dei tipi edilizi e delle tecniche costruttive consente di definire una proposta metodologica volta a orientare e controllare i nuovi interventi progettuali perseguendo come obiettivo la realizzazione di progetti di recupero che siano in grado di rapportarsi al concetto di "trasformabilità" in relazione ai valori da conservare e di garantire il rispetto di determinati standard (di sicurezza, di benessere, ecc.).

Le diverse esigenze di trasformazione vanno confrontate con le esigenze di conservazione dei valori storici, architettonici, ambientali e tecnico-costruttivi al fine di rendere compatibili gli interventi.

* Dottore di ricerca in "Conservazione dei beni architettonici e ambientali" Dipartimento "Patrimonio Architettonico e Urbanistico" (PAU) - Università degli Studi di Reggio Calabria.

Uno dei problemi fondamentali infatti è la mancanza di una metodologia affermata che riesca a mantenere un legame tra il dato culturale (cioè il manufatto e/o il centro abitato con le sue valenze storiche) e il dato tecnico, tra il valore qualitativo e il valore quantitativo (valore e reddito). Spesso invece le esigenze di trasformazione derivano dalle esigenze di conservare i valori storici e architettonici del manufatto e/o del centro abitato in esame e di mantenere l'organizzazione distributiva e costruttiva preesistente.

Per tali ragioni è necessario valutare: la fruibilità e l'utilizzabilità degli spazi (adattabilità funzionale, cambiamento di destinazione d'uso, ecc.); il benessere e il comfort (acustico, termico, illuminotecnico, igrometrico, ecc.); l'attrezzabilità (inserimento degli impianti, adeguamento igienico-sanitario, ecc.); la sicurezza (statica, antisismica, antincendio, antintrusione, ecc.).

Le azioni di riabilitazione del patrimonio edilizio devono riflettere un sistema all'interno del quale le funzioni economico-sociali e urbanistico-ambientali interagiscono. I programmi di intervento hanno infatti la necessità di prevedere una gestione integrata e dinamica del recupero che tenga conto della interrelazione esistente tra le risorse da recuperare e il sistema urbano e socio-economico circostante.

Il sistema gestionale complessivo degli interventi deve perciò essere in grado di coordinare le decisioni sia a livello territoriale che di singola emergenza, in modo da consentire l'integrazione tra pianificazione territoriale, pianificazione urbana e piani di recupero in funzione delle risorse finanziarie disponibili.

Per il territorio calabrese, gran parte del quale è soggetto a rischio sismico, le azioni di riabilitazione non possono prescindere dal prevedere adeguati interventi atti a mitigare la vulnerabilità sismica al fine di assicurare agli edifici un grado accettabile di sicurezza. Ciò presuppone la conoscenza dei livelli di rischio sismico del territorio che deve diventare un obiettivo fondamentale da tenere presente nelle ordinarie politiche di recupero edilizio e urbanistico. A tal fine è necessario conoscere oltre che i livelli di sismicità del territorio, il grado di vulnerabilità del patrimonio edilizio e l'entità e il valore dei beni soggetti al rischio sismico.

Dal punto di vista economico-estimativo la conoscenza dei livelli di rischio delle differenti località del territorio nazionale consente di valutare l'entità ottimale di risorse da investire in interventi di prevenzione e permette perciò di minimizzare il costo totale (costi di prevenzione e

costi necessari per porre riparo ai probabili danni futuri) derivante dalla sismicità della Regione.

Al fine di ridurre il rischio sismico è necessario agire a livello periferico (Provincia, Comunità Montane, Comuni), definire uno scenario degli eventi attesi, predisporre un piano per fronteggiare l'emergenza sul territorio provinciale e curarne l'attuazione sulla base degli scenari di rischio previsti.

I criteri di massima per una pianificazione provinciale prevedono:

- la redazione di una carta della pericolosità sismica;
- il rilevamento della vulnerabilità degli edifici pubblici e privati;
- la stima dell'esposizione delle infrastrutture e dei servizi essenziali alla comunità;
- il censimento della popolazione coinvolta dall'evento atteso;
- la classificazione sismica dei Comuni.

Il recupero dei centri storici e la riduzione del rischio sismico devono essere affrontati in un'ottica di recupero programmato che consenta la conservazione degli edifici nel tempo e la riduzione della vulnerabilità sismica attraverso idonei interventi di adeguamento.

La conoscenza dell'esposizione al pericolo sismico consente di valutare le conseguenze economiche e sociali di una potenziale interruzione dei servizi e permette di definire i criteri di priorità per i futuri interventi di adeguamento in funzione della destinazione d'uso e della densità di utenza, che sono i parametri fondamentali per stimare le potenziali vittime in caso di evento sismico.

Dal punto di vista della fattibilità economica, occorre considerare che la realizzazione di interventi preventivi di adeguamento antisismico consente di limitare o di evitare i probabili danni derivanti da un evento tellurico. Ciò significa che i costi opportunità da sostenere sono certamente inferiori ai costi dei probabili danni sismici qualora non siano stati effettuati i necessari interventi di adeguamento. Inoltre, se nella valutazione dei costi per mitigare il rischio sismico si tiene conto del miglioramento del livello di qualità del patrimonio edilizio esistente, si ha che i costi di adeguamento antisismico costituiscono solo una parte del costo totale dell'intervento di recupero per cui aumenta la possibilità di effettuare un determinato adeguamento antisismico. La realizzazione del progetto infatti consente di elevare gli standard legati alla qualità abitativa, oltre che garantire uno standard di sicurezza.

Il modello di valutazione dei costi

La metodologia di stima è basata inizialmente sullo studio della consistenza dei fabbricati esistenti in modo tale da rendere possibile la creazione di una mappa delle costruzioni a rischio sismico e la programmazione di idonei interventi di adeguamento.

L'analisi del tessuto storico viene sviluppata preliminarmente e contestualmente con il reperimento di dati diretti (cioè dati ottenuti attraverso ispezioni e sopralluoghi che consentono di accertare il degrado degli edifici, la qualità delle finiture, ecc.) e dati indiretti (cioè i dati raccolti ed elaborati dall'ISTAT come a esempio il censimento della popolazione e delle abitazioni).

Per quanto riguarda la raccolta dei dati diretti, la scheda elaborata dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (G.N.D.T.) del C.N.R. prevede la raccolta di informazioni riguardanti la localizzazione, la geometria, la tipologia e le caratteristiche strutturali e qualitative dell'edificio necessarie per definirne la vulnerabilità, per programmare eventuali interventi di adeguamento antisismico e per stimarne i relativi costi.

La conoscenza e l'analisi delle differenti patologie costituenti gli organismi edilizi presi in considerazione consente la realizzazione di una banca dati informatizzata, utilizzabile per lo svolgimento di indagini in siti diversi. La costruzione di una banca dati permette infatti di individuare classi predefinite di tipi edilizi campione e di analizzarli per misurarne la vulnerabilità.

Una volta individuato e analizzato il campione è perciò fondamentale effettuare una classificazione e catalogazione degli edifici per epoca di costruzione, per tipologia (case a schiera, case in linea, ecc.), per sistema costruttivo (in muratura, in cemento armato, in acciaio, ecc.), per dimensione e per destinazione d'uso (residenza, scuole, ospedali, ecc.).

Nel momento in cui è stato effettuato uno zoning storico del centro e sono state individuate le zone storicamente omogenee e le tipologie edilizie prevalenti è possibile valutare il livello di degrado e individuare coefficienti standard di costo da impiegare per la stima dei costi di intervento.

Il modello di valutazione dei costi si basa sull'assunto per il quale il costo di intervento può essere derivato da quello di ricostruzione attraverso il coefficiente parziale di costo γ , rappresentato dal seguente rapporto:

$$\gamma_i = c_j / k_i,$$

dove c_j (con $j = 1, 2, \dots, n$) è il costo unitario per l'intervento elementare (lire / unità di misura dell'intervento) da effettuare per riparare i danni ove presenti e per ridurre la vulnerabilità e k_i il costo unitario di costruzione per unità di volume (lire / metri cubi) per una data tipologia i di edificio della zona di indagine. Il coefficiente γ_i risulta direttamente proporzionale al costo dell'intervento e inversamente proporzionale al costo di costruzione dell'edificio.

Gli interventi elementari sono distinti in funzione del sistema costruttivo (muratura e calcestruzzo armato), del tipo di degrado (strutturale e/o non strutturale) e della strategia di intervento (riparazione, miglioramento e adeguamento).

Una volta valutata l'estensione E_{ji} dell'intervento elementare (in termini di degrado) nell'edificio i attraverso le rilevazioni dirette, si definisce il coefficiente totale di costo Γ_{ji} (espresso in metri cubi) come sommatoria dei prodotti tra il coefficiente parziale e le estensioni di tutti gli interventi nell'edificio generico:

$$\Gamma_{ji} = \sum_{j=1}^n \gamma_{ji} \cdot E_{ji}$$

Il coefficiente totale di costo è presentato in termini del volume equivalente di un edificio fittizio il cui costo di ricostruzione è pari al costo di intervento. Il coefficiente totale di costo può essere corretto attraverso l'introduzione di un coefficiente di efficienza tecnica β_i relativo alla forma geometrica dell'edificio i :

$$\Gamma_{ji}^* = \beta_i \cdot \sum_{j=1}^n \gamma_{ji} \cdot E_{ji}$$

Il coefficiente β_i è adimensionale e viene impiegato per tenere conto della differenza tra la tipologia del particolare edificio e quella per la quale è stato stimato il costo di costruzione. Parimenti questo coefficiente prende in considerazione la differenza tra l'intervento generico e quello per il quale è stato stimato il costo. Si tratta quindi di un coefficiente che pone in relazione la situazione reale e la situazione standard per la quale sono state svolte le stime dei costi. Il coefficiente geometrico di efficienza tecnica consente di valutare l'incidenza della forma geometrica e

della tipologia edilizia di ogni manufatto sul costo di intervento e perciò sul costo di adeguamento antisismico.¹ L'impiego di tale coefficiente, che può essere tabellato in relazione alla forma del particolare edificio, permette di migliorare l'attendibilità della stima dei costi dal punto di vista geometrico delle scelte progettuali riguardo i provvedimenti di intervento.

Il coefficiente β_i è un coefficiente complesso che può essere presentato nel modo seguente:

$$\beta_i = s_i \cdot p_i \cdot d_i \cdot m_i \cdot l_i \cdot f_i ;$$

in particolare s_i rappresenta il rapporto parete / piano pari a:

$$s_i = S_v / S_o ,$$

dove con S_v si indica la superficie delle pareti verticali esterne e con S_o la superficie occupata dall'edificio; p_i è il rapporto tra i perimetri calcolato secondo la seguente formula:

$$p_i = (P_i - P_s) / P_s ,$$

dove P_i è il perimetro dell'edificio preso in esame e P_s è il perimetro di un edificio di forma quadrata che occupa la stessa area; d_i esprime la compattezza del piano pari a:

$$d_i = 2 (\pi A_i)^{1/2} / P_i ,$$

dove P_i è il perimetro dell'edificio e A_i è l'area dell'edificio quando per valutare l'efficienza viene scelto come riferimento un edificio di forma

1 Se i manufatti edilizi presentano una configurazione planimetrica e altimetrica irregolare o hanno un rapporto maggiore di 2,5 tra le dimensioni massime, è necessario considerare nell'analisi statica l'effetto delle coppie torcenti derivanti dall'eccentricità fra il baricentro delle rigidezze e il baricentro delle masse. Ciò comporta ai fini dell'adeguamento antisismico costi addizionali legati alla necessità di aumentare la resistenza strutturale del manufatto. Decreto Ministeriale del 16.01.1996, "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".

circolare; m_i rappresenta la compattezza della massa uguale a:

$$m_i = 2\pi [(3V_s / 2\pi)^{1/3}]^2 / A_i ,$$

dove V_s è il volume di un edificio ideale di forma emisferica che presenta lo stesso volume dell'edificio considerato e A_i è l'area totale dell'edificio (esclusa la superficie del terreno); l_i indica il rapporto lunghezza / larghezza pari a:

$$l_i = [P_i + (P_i^2 - 16 A_i)^{1/2}] / [P_i - (P_i^2 - 16 A_i)^{1/2}] ;$$

infine f_i rappresenta il rapporto piano / forma determinato nel modo seguente:

$$f_i = [P_{pi} + (P_{pi}^2 - 16 A_{pi})^{1/2}] / [P_{pi} - (P_{pi}^2 - 16 A_{pi})^{1/2}] ,$$

dove P_{pi} è la somma dei perimetri di ogni piano divisa per il numero di piani e A_{pi} è la somma dell'area lorda dei piani divisa per il numero di piani (area lorda media) per gli edifici multipiano.

Il coefficiente di efficienza tecnica β_i può risultare maggiore o minore all'unità comportando rispettivamente un incremento o un decremento del costo di intervento. Un coefficiente pari all'unità si ha solo nel caso teorico in cui la situazione reale da valutare rispecchia fedelmente la situazione standard presa a confronto. In generale comunque si può affermare che dal punto di vista geometrico i costi di intervento tendono ad aumentare quanto più complesse e articolate risultano le configurazioni planimetriche e altimetriche dei manufatti.

Il costo totale C_i (lire) dell'insieme degli interventi $p \leq n$ con $j = 1, 2, \dots, p$ sull'edificio generico risulta dal prodotto del costo unitario di costruzione per il coefficiente totale di costo corretto pari a:

$$C_i = k_i \cdot \Gamma_{ji}^* ,$$

dove k_i viene stimato in base alla tipologia dell'edificio e Γ_{ji}^* risulta in genere tabellato in funzione del sistema costruttivo, del tipo di degrado e della strategia di intervento per come già indicato.

Nel caso di demolizione e ricostruzione dell'edificio, il coefficiente totale di costo è posto uguale a 1,1, in modo da risultare pari al costo di

costruzione e di demolizione, quest'ultimo commisurato a un sovrapprezzo del 10%.

Una volta determinato il costo totale dell'insieme degli interventi, nelle situazioni concrete di stima è necessario ricorrere a ulteriori aggiustamenti attraverso l'elaborazione di un indice locale del livello dei prezzi (v_{ij}) e attraverso l'impiego di fattori di aggiustamento relativi al tipo di impresa (δ) e al cantiere (μ). Il costo totale degli interventi sull'edificio i risulta in definitiva uguale a:

$$C_i^* = k_i \cdot \Gamma_{ij}^* \cdot v_{ij} \cdot \delta \cdot \mu ,$$

dove v_{ij} è indicativamente pari a:

$$v_{ij} = \sum_{r=1}^q (q_r p_r) / \sum_{s=1}^m (q_s p_s) ,$$

dove q_r rappresenta le quantità dei principali materiali, del lavoro e dei subappalti moltiplicate rispettivamente per i prezzi della zona p_r ove ricade l'intervento oggetto di stima e q_s rappresenta le corrispondenti quantità standard moltiplicate per i rispettivi prezzi standard p_s . I numeri indici v_{ij} esprimono le variazioni locali nel livello dei prezzi (inflazione o deflazione) dovute a esempio in seguito a una variazione dei salari o dei prezzi dei materiali.

I fattori di aggiustamento relativi al tipo di impresa e al cantiere possono essere stabiliti attraverso l'utilizzazione di scale a punteggio che esprimono sinteticamente le variazioni dei diversi fattori nel rapporto tra gli interventi noti e il progetto da valutare. Tali fattori che esprimono il rapporto tra la situazione dell'edificio i e la situazione standard nella quale sono stati stimati i costi, vengono posti maggiori, minori o uguali all'unità rispettivamente nel caso in cui le condizioni siano più o meno favorevoli o paritarie.

I coefficienti possono perciò essere utilizzati al fine di derivare uno standard statistico di costo. Infatti una volta individuato in una determinata zona di indagine un campione di edifici relativamente ai quali sono stati rilevati i costi unitari di costruzione k_i per unità di volume e i costi unitari c_j relativi agli interventi elementari, è possibile determinare i rispettivi costi standard di costruzione $\bar{k}_i$ e di intervento $\bar{c}_j$ da utilizzare per il calcolo del coefficiente totale standard di costo $\bar{\Gamma}_{ij}^*$ e per la

derivazione di standard statistici di interventi e di tipologie edilizie (*v. figura*).

Conclusioni

In conclusione si può affermare che la metodologia di stima dei costi di intervento, unitamente all'analisi storica, tipologica, tecnologica e funzionale della località in esame, forniscono una visione complessiva delle condizioni qualitative del patrimonio edilizio e dei livelli di vulnerabilità connessi, con l'intento di offrire alla Pubblica Amministrazione uno strumento conoscitivo sul quale basare eventuali politiche di riduzione del rischio sismico attraverso la programmazione di interventi di prevenzione.

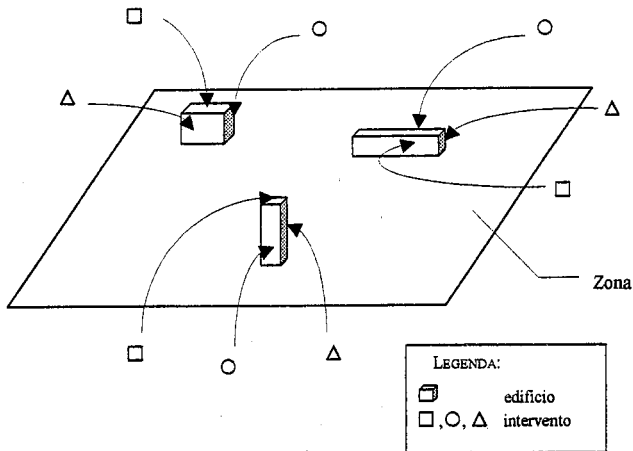
Occorre comunque tenere presente che operativamente i costi di intervento dipendono solo in linea teorica dalle condizioni assolute di degrado presenti sui manufatti; in concreto infatti dipendono dal livello di degrado che l'intervento si propone di eliminare (a esempio ipotizzando il caso di un edificio che presenta lesioni diagonali nella muratura e lievi fessurazioni superficiali negli intonaci e nelle tinteggiature, l'intervento può limitarsi alle sole parti strutturali dell'edificio ed essere perciò un mero intervento di adeguamento antisismico o configurarsi come un completo intervento di recupero prevedendo anche il rifacimento delle finiture).

Tale metodologia consente di valutare in funzione dei costi l'estensione dell'intervento, il tipo di degrado e le caratteristiche degli elementi sui quali è necessario intervenire; inoltre concorre a definire la strategia di intervento (di riparazione, di miglioramento, di adeguamento ed eventualmente di demolizione e ricostruzione) più idonea con l'obiettivo di individuare soglie ottimali rispetto alle quali verificare la convenienza ad avere incrementi dei costi in funzione della qualità ottenibile una volta realizzato il progetto. Pertanto la metodologia consente di valutare in funzione dell'output di produzione (cioè di intervento), la dimensione fisica e/o monetaria dei mezzi produttivi dell'impresa e di rappresentare le variabili di scala e l'organizzazione del cantiere.

L'affidabilità dei risultati del modello di valutazione dei costi di intervento appare strettamente legata alle misure e ai giudizi dei tecnici che effettuano il censimento degli edifici e perciò alla qualità di informazioni disponibili e all'attendibilità dei dati di rilievo. Naturalmente

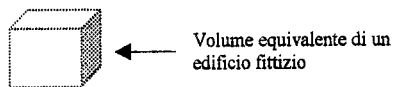
Fase I

Rilevazione dei costi unitari di costruzione k_i e dei costi di intervento c_j e calcolo del coefficiente parziale di costo γ_j



Fase II

Derivazione dello standard statistico di costo e di tipologia edilizia e calcolo del coefficiente totale standard di costo $\bar{\Gamma}^*_{ij}$



Fase III

Applicazione degli standard all'edificio oggetto di intervento e calcolo del costo totale degli interventi C^*_i

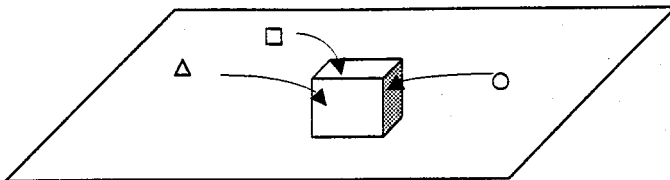


Figura - Schema di sintesi della stima dei costi di intervento

la variabilità delle stime di costo dipende dal numero di edifici censiti, dall'uniformità del livello di degrado riscontrato e dall'omogeneità degli interventi necessari da effettuare preventivamente.

Il processo valutativo del costo parte dal presupposto per il quale è più facile e preciso stimare il costo di ricostruzione e procedere agli aggiustamenti piuttosto che stimare direttamente il costo di intervento antisismico. La stima del costo di intervento infatti anziché basarsi sulla stima degli interventi ricostruttivi e integrativi per portare l'edificio nelle condizioni ritenute ottimali (secondo un progetto), provvede a esprimere il costo di intervento in funzione di quello di costruzione dell'edificio per il fatto che si postula che il costo massimo sia pari al costo di demolizione e ricostruzione ossia che non si possa spendere più del valore dell'edificio (aumentato del costo di demolizione). È necessario inoltre porre una distinzione tra il costo di costruzione e il costo di intervento: il costo di costruzione è relativo all'impresa edilizia p.d., mentre il costo di intervento è relativo a un'impresa specializzata e per certi interventi non appartenente al settore edile ma a settori collegati.

Occorre osservare che la posizione dell'analista può assecondare la procedura di correzione del costo di costruzione in costo di intervento, ma non può esimersi dall'indicare la strada maestra della rilevazione dei dati delle imprese, indispensabile per nuovi tipi di interventi e per estrapolazioni in situazioni particolari. Nella situazione attuale si attribuisce un maggiore grado di attendibilità alla stima del costo di costruzione nonostante che in concreto non si basi sulla rilevazione dei costi di impresa ma su quotazioni medie. Per questi motivi il procedimento di stima basato sul costo di costruzione rivela e conferma la natura del problema della stima dei costi in edilizia nel nostro Paese, che consiste essenzialmente nella mancanza di rilevazioni aziendali dei costi e molto spesso nella scarsa trasparenza del mercato edilizio e del settore delle imprese.

Dal punto di vista della valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica, la metodologia di stima dei costi mira a fornire indicazioni di massima sulle categorie di lavori necessari e sulle tecnologie da adottare per ridurre l'esposizione al rischio sismico; inoltre permette di effettuare proposte di interventi possibili in relazione alle componenti di vulnerabilità individuate durante il censimento degli edifici; infine consente in base agli interventi programmati ed effettuati in concreto, il miglioramento della legislazione vigente in materia attraverso l'adozione di norme più rigide in riferimento alla progettazione degli interventi

di recupero e di adeguamento antisismico, avuto riguardo alla conservazione dei valori storici, architettonici, ambientali e tecnico-costruttivi dei manufatti.

Bibliografia

C.N.R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (1993), *Rischio sismico di edifici pubblici - Aspetti metodologici*, Parte I, C.N.R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma.

S. Miccoli (a cura di) (1997), *Valori e progetto*, Atti del Seminario di studio, Dipartimento di Caratteri degli Edifici e dell'Ambiente, Università "La Sapienza", Roma.

E. Mollica (1995), *Principi e metodi della valutazione economica dei progetti di recupero*, Rubbettino Editore, Catanzaro.

M. Simonotti (1997), *La stima immobiliare*, UTET Libreria, Milano.