



Stefano Brusaporci

Ingegnere edile, dottore di ricerca, è ricercatore per il settore scientifico disciplinare ICAR/17 – Disegno, presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi dell'Aquila, Dipartimento di Architettura ed Urbanistica. È docente, con il titolo di professore aggregato, nei Corsi di Laurea in Ingegneria Edile - Architettura U.E., Ingegneria Civile ed Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio. Svolge attività di ricerca inerenti il rilievo, l'analisi e la rappresentazione dell'architettura, della città storica e delle sue trasformazioni.

Modelli digitali per la rappresentazione dell'architettura

Digital models for architectural representation

Le strumentazioni e le tecnologie digitali hanno arricchito le possibilità di rappresentazione e di comunicazione dell'architettura. Il disegno digitale si articola secondo le due fasi della visualizzazione e della costruzione, ovvero modeling e rendering, dicotomia strutturante le tecnologie software. Le modalità di visualizzazione conducono a diversi tipi di raffigurazioni dello stesso modello 3D e le strumentazioni producono una separazione tra atto del disegnare ed immagine prodotta. Se la modellazione inversa è riferibile ad un processo di sintesi, quella diretta segue una procedura analitica. La differenza tra applicazioni interattive ed applicazioni non interattive è correlata alle possibilità offerte dalle strumentazioni informatiche, e si relaziona alle fasi di visualizzazione e di costruzione. Il termine "modello" al contempo descrivere differenti fenomeni (files): Modello matematico dell'oggetto e della scena; Modello rappresentativo raster di sintesi e con elaborazioni di postprocessamento.

L'insieme correlato di questi modelli costituisce il complessivo modello interpretativo architettonico: il fine è quello di produrre una simulazione della realtà secondo un ruolo conoscitivo del modello.

Digital instruments and technologies enrich architectural representation and communication opportunities. Computer graphics is organized according to the two phases of visualization and construction, that is modeling and rendering, structuring dichotomy of software technologies.

Visualization modalities give different kinds of representations of the same 3D model and instruments produce a separation between drawing and image's creation. Reverse modeling can be related to a synthesis process, "direct modeling" follows an analytic procedure. The difference between interactive and not interactive applications is connected to the possibilities offered by

informatics instruments, and relates to modeling and rendering. At the same time the word 'model' describes different phenomenon (i.e. files): mathematical model of the building and of the scene; raster representation and post-processing model. All these correlated different models constitute the architectural interpretative model, that is a simulation of reality made by the model for improving the knowledge.

TESI – ARCHITETTURA E DISEGNO IN EPOCA DIGITALE

Il tema della rappresentazione architettonica oggigiorno non può eludere il ruolo svolto dalle tecnologie digitali.

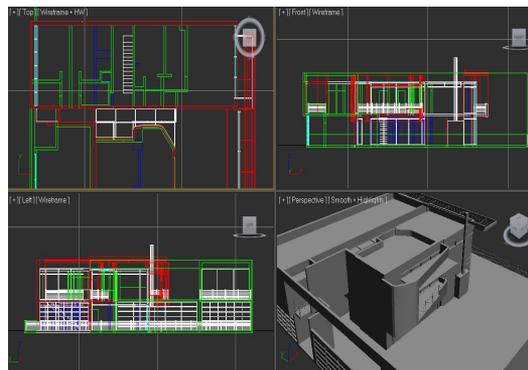
Differenti sono i campi di applicazione del disegno digitale; Franco Purini individua quali ambiti principali, spesso sovrapposti, quello strumentale, quello creativo e quello utopico[1]. Così Maurizio Unali che, in relazione ai modelli rappresentativi indotti dalle tecnologie informatiche, indica come spazi teorico-operativi del disegno architettonico, uno spazio rappresentativo-strumentale, uno spazio conformativo-creativo, uno spazio mediatico-informativo[2].

Posto di voler circoscrivere l'interesse all'ambito metodologico e strumentale, si focalizza l'attenzione su come i *modelli digitali possono favorire la rappresentazione dei beni architettonici*[3].

In relazione al disegno digitale, spesso viene posto il tema del contenuto dell'informazione per l'architettura, ovvero "cosa rappresentare". Renato De Fusco indica nella dicotomia tra componente conformativa e componente rappresentativa la risoluzione di aporie spesso presenti nella letteratura sull'architettura informatica: "Ora, la gran parte dell'apporto digitale all'architettura è, a mio avviso, da assegnare alla componente rappresentativa, che va dall'iconico al semantico, dal virtuale al possibile [...], dalla comunicazione all'informazione. Tutte queste facoltà, evidentemente di grande importanza, per essere 'architettoniche', devono sostenersi sulla componente conformativa, che va dallo spazio degli involucri interni alle singole fabbriche [...], al volume dei loro involucri esterni, dalla solidità della materia alla sua trama, dal gioco tangibile dei pieni e dei vuoti al fenomeno per cui ogni architettura contiene uno spazio e occupa uno spazio [...]"[4]. Facendo perno su queste considerazioni, si rimanda la comunicazione alle caratteristiche architettoniche, quali la geometria degli spazi, i materiali, la luce, le trasparenze, etc. Infine ma non ultimo il contesto[5].

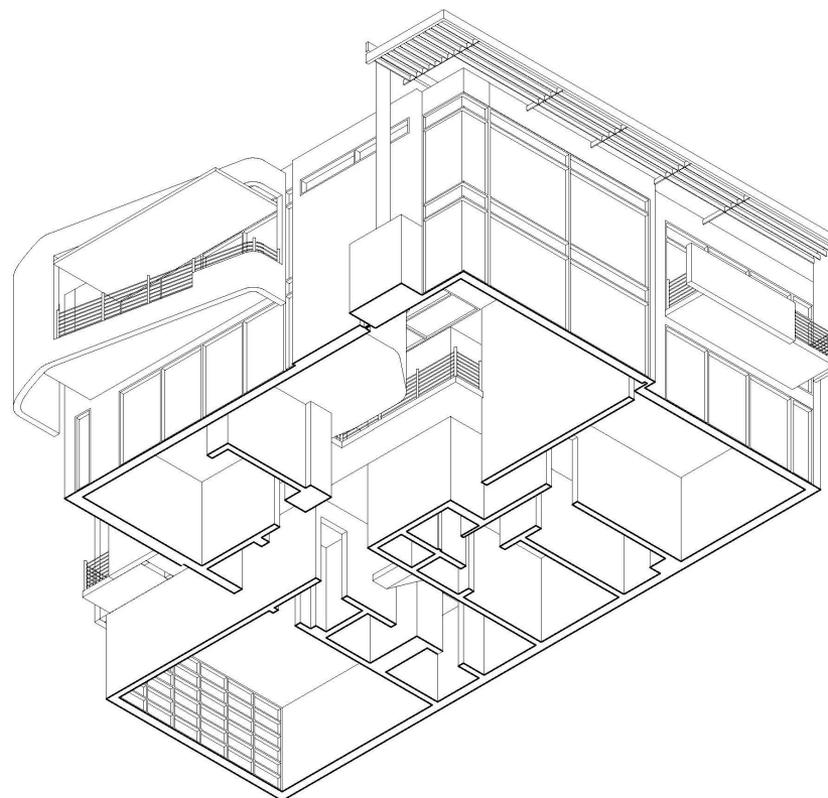
ANTITESI – TECNOLOGIE E METODI DIGITALI

Le strumentazioni e le tecnologie digitali hanno arricchito le modalità ed i processi di rappresenta-



[nella pagina e nella seguente]

1. 2. 3. 4. Richard Meier, Southern California Beach House – Malibu (California). Modello 3D, spaccato assometrico, vista del fronte principale ed ambiente interno con rendering di post-processamento (Studiante Andrea Ruggieri, Corso di Informatica Grafica, Università degli Studi dell'Aquila, a.a. 2009-2010, Prof. Stefano Brusaporci).





zione e di comunicazione dell'architettura. Scrive Riccardo Migliari: "La costruzione di una teoria della rappresentazione, che tenga conto dei principi introdotti dall'avvento dell'informatica, è ancora tutta da fare [...]. La rappresentazione si articola, io credo, in due attività che debbono essere nettamente distinte e sono: la *visualizzazione* e la *costruzione*." [6]. Si tratta dell'articolazione del processo di rappresentazione digitale secondo le due fasi sequenziali di modeling e di rendering, dicotomia strutturante le tecnologie software. Per quanto riguarda le modalità di visualizzazione, è possibile avere diversi tipi di raffigurazioni dello stesso modello 3D: wireframe, ombreggiata, semitrasparente, realistica, con visualizzazione o meno degli spigoli, maggiore o minore definizione dei raster, etc. Il differimento tra modellazione 3D e rappresentazione finale è tanto più sensibile per applicazioni fotorealistiche dove l'elaborazione dell'immagine di sintesi può richiedere tempistiche elevate. A questo si possono aggiungere operazioni

di post-processing.

Anche le strumentazioni hanno condotto ad una separazione tra atto del disegnare ed immagine prodotta: Marco Gaiani sottolinea come le tecnologie digitali hanno sostanzialmente alterato gli schemi mediatici di rappresentazione dell'architettura, tanto in ordine alle modalità di visualizzazione che alla dimensione spaziale e temporale [7]: "[...] lo schema operativo del digitale ha portato ad una sostanziale separazione tra 'fare' e 'vedere'. Rimasti sostanzialmente unificati nell'interfaccia del foglio da disegno fino alla fine del millennio scorso, nella nuova *mnème* l'interfaccia di visualizzazione (il monitor), raramente è anche l'interfaccia di creazione del progetto che di solito è affidata ad altro dispositivo (mouse, tastiera, etc.) di cui abbiamo solamente un riflesso a posteriori." [8]. Ed è differente la percezione di un disegno sul foglio di carta, ove lo sguardo può abbracciare tutto il grafico, da quella su monitor, per continue traslazioni e zoomate.



In relazione alla modellazione, Riccardo Migliari indica come i due metodi della modellazione diretta e modellazione inversa possano essere considerati nuovi metodi di rappresentazione, che si affiancano ai tradizionali metodi della geometria descrittiva: "Il secondo contenuto assolutamente innovativo [della rappresentazione digitale] è nella istituzione di due metodi affatto nuovi, che sono: la rappresentazione matematica e la rappresentazione numerica o poligonale. Questi due metodi utilizzano i due diversi tracciamenti ai quali ho fatto cenno: quello continuo e quello discreto, rispettivamente." [9].

Il metodo della modellazione inversa (*reverse modeling*) è riferibile ad un processo di sintesi, in quanto a partire da elementi discontinui – nuvole di punti – vengono interpolate le superfici. Il metodo diretto segue una procedura analitica, secondo una operazione di suddivisione concettuale dell'edificio da rappresentare per elementi, modellati in successione: ad esempio per realizzare un ordine architettonico si costruisce il basamento, la colonna, il capitello e si assembla il tutto. Sempre relativamente alla fase di modellazione, il tema della scala di rappresentazione dove, essendo lo strumento informatico di per sé indifferente, la definizione dei livelli di dettaglio in fase di costruzione del modello assume una importante valenza critica, in particolare in riferimento alle finalità della comunicazione, alle caratteristiche dell'edificio



Obiettivo Fisheye, 15 mm



Canon EF 15 mm f/2.8 Fishe-

Obiettivo Grandangolare,
24 mm

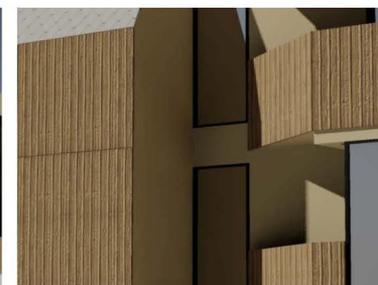
Canon EF 24 mm f/1.4L II USM



Obiettivo Normale, 50 mm



Canon EF 50 mm f/1.2L USM

Teleobiettivo,
200 mm

Canon EF 200 mm f/2L IS USM

ed al tipo di applicazione.

La differenza tra applicazioni interattive ed applicazioni non interattive è correlata alle possibilità offerte dalle strumentazioni informatiche, e si relaziona alle fasi di visualizzazione e di costruzione. Per le prime, anche dette da Migliari “prospettive dinamiche interattive”[10], la necessità di rispondere in tempo reale alle richieste dell'utente – tempo di renderizzazione circa 1/25 di secondo – allo stato attuale delle tecnologie conduce a rappresentazioni differenti rispetto alle applicazioni fotorealistiche, se non altro richiedendo una costruzione del modello con adeguati livelli di dettaglio ed accorgimenti opportuni (ad es. impostor billboards), ed in ordine alla definizione delle immagini di sintesi.

Osserva Migliari: “Ma torniamo alla nostra distinzione [tra visualizzazione e costruzione], necessaria oggi, più che mai: perchè oggi la visualizzazione è una attività che può essere svolta dalla macchina, mentre la costruzione è sempre e comunque una opera dell'uomo e del suo ingegno. Questa distinzione è schematica e non sempre netta [...]”[11],

ma tanto più vera nel caso di applicazioni interattive architettoniche dove il progettista dell'applicazione sceglie le modalità di visualizzazione – luci, materiali, caratteristiche della camera, modalità di rendering, etc. – che il navigatore subirà come preimpostate potendo, dal canto suo, operare solamente in relazione alla scelta del punto di vista e nel movimento attraverso lo spazio del modello: “[...] l'osservatore s'illude di essere un operoso attore all'interno di uno spazio, senza rendersi conto che si tratta di uno spazio in cui egli può solo operare, per così dire, in condizioni di “libertà vigilata” (T. Maldonado)”[12].

La separazione operativa tra fase di modeling (a) e fase di rendering (b), nel linguaggio corrente ha quale ulteriore conseguenza l'impiego del termine “modello” per descrivere differenti fenomeni digitali, ovvero differenti files:

a.1) Modello matematico dell'oggetto: il cosiddetto modello 3D digitale, morfologicamente definito, con assegnate caratteristiche inerenti i materiali, la tessitura, la rugosità, etc. Include eventuali modelli 3D del contesto.

a.2) Modello matematico della scena: modello 3D digitale con assegnazione delle sorgenti luminose, dello sfondo, di elementi caratterizzanti la specifica scena, etc. È definita la camera virtuale con le sue caratteristiche. Derivato dall'implementazione del modello dell'oggetto, in genere coincide con questo, cosicché lo stesso modello 3D può includere più modelli scena. Si è scelto di differenziare il modello oggetto dal modello scena in quanto, operativamente, rimandano ad operazioni differenti: il primo alla conformazione, il secondo alla “regia” delle sue rappresentazioni.

b.1) Modello rappresentativo di sintesi: immagine bidimensionale raster prodotta dal motore di rendering.

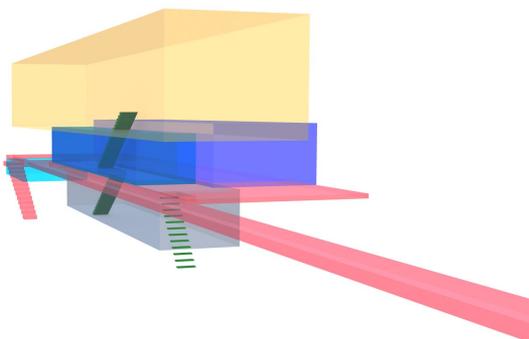
b.2) Modello rappresentativo finale: immagine bidimensionale raster che può coincidere con il modello di sintesi oppure essere il prodotto di ulteriori elaborazioni di postprocessamento, perlopiù condotte con software di elaborazione fotografica. La distinzione effettuata ha valore solamente espositivo e le definizioni date non hanno alcuna pretesa di voler essere esaustive, né tanto meno

[nella pagina precedente]

5. OFIS Arhitekti, Shopping Roof Apartment – Bohinj (Slovenia). Studio delle caratteristiche della camera virtuale (Studente Alberto Calleo, Corso di Informatica Grafica, Università degli Studi dell'Aquila, a.a. 2009-2010, Prof. Stefano Brusaporci).

[nella pagina]

6. 7. Mathias Klotz, Casa Unifamiliare – San Isidro, Buenos Aires (Argentina). Schema funzionale e modello rappresentativo architettonico (Studente Nilo Cordonì, Corso di Informatica Grafica, Università degli Studi dell'Aquila, a.a. 2009-2010, Prof. Stefano Brusaporci).



definitive dal punto di vista terminologico.

Se, a stretto senso, ogni visualizzazione sullo schermo è di fatto un rendering, i primi due sono correlati alla fase di modellazione, i secondi due a quella di visualizzazione. Il modello 3D è il frutto dell'azione critica del disegnatore/modellatore, e di per se stesso, quale modello essenzialmente matematico, richiede sempre e necessariamente una visualizzazione per essere esperito.

Dal medesimo modello 3D possono essere prodotti numerosi modelli rappresentativi, sinergici a descrivere una architettura: è il caso del modello 3D digitale di un edificio e del suo rapporto con le rappresentazioni da questo derivate: prospetti, assonometrie, spaccati assonometrici, prospettive, sezioni prospettiche, etc., immagini prodotte con differenti condizioni di illuminazione, al contempo con varie soluzioni di ambientamento – ad esempio



con l'inserimento di figure umane –, etc.

L'edificio è sempre lo stesso; il modello digitale di base è sempre lo stesso – seppur diversamente sezionato e visualizzato –; varie sono le rappresentazioni per descrivere l'architettura.

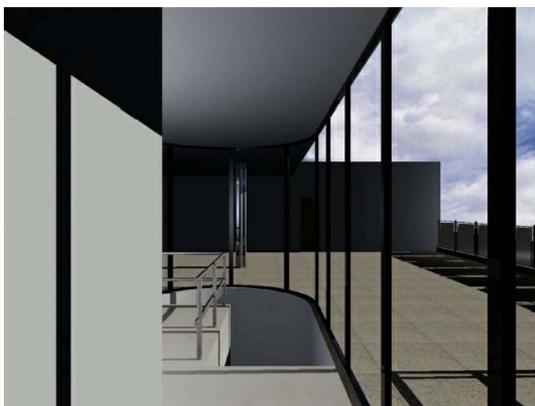
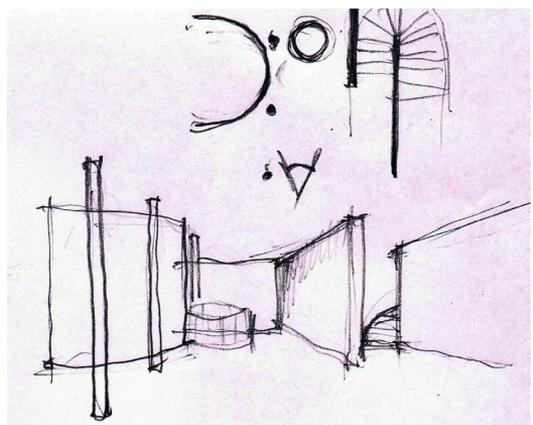
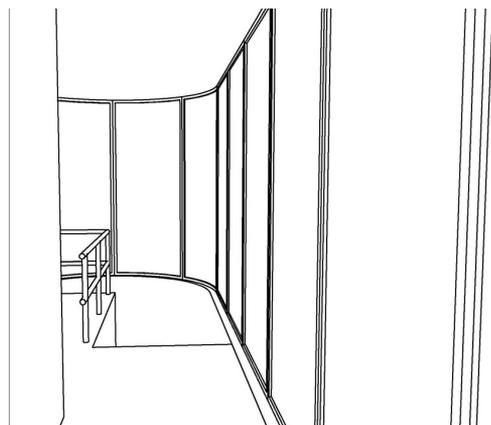
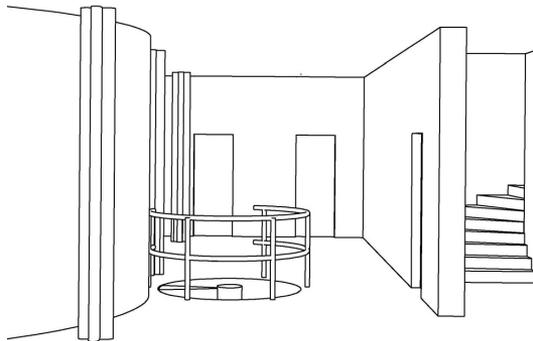
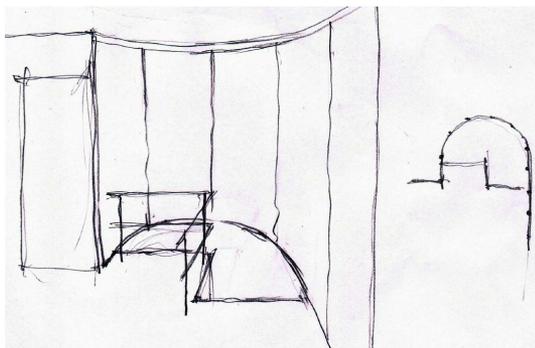
Pertanto il termine *rendering* focalizza l'atto tecnico compiuto attraverso l'algoritmo di produzione dell'immagine raster; il termine *rappresentazione digitale* sposta l'accento sull'operazione critica di disegno – e quindi descrizione e comunicazione – dell'architettura.

SINTESI – MODELLI DIGITALI PER LA RAPPRESENTAZIONE

Centrali per il tema della rappresentazione digitale dell'architettura, ovvero della comunicazione delle caratteristiche architettoniche di edifici esistenti, sono i quesiti posti da Marco Gaiani, parlando dei

nuovi scenari teorico-operativi: “A questo punto sorge un quesito la cui risposta, se univocamente determinabile, sarebbe fondamentale: *che cos'è una buona immagine?* [...] Un'immagine realistica, oppure un'immagine astratta [...]?” E ancora: “Sempre in quest'ambito si inserisce la *questione dell'impiego dei computer per comunicare l'architettura*: come possiamo servirci della tecnologia digitale per realizzare immagini capaci di rappresentare le nostre idee con la ricchezza di significati, molteplicità di letture e interpretazioni, e perfino con quella confortevole ambiguità caratteristica dei nostri 'vecchi' disegni? [...] Come possiamo ampliare le nostre capacità di esprimere i contenuti dell'architettura per produrre immagini e raccontare storie che 'stimolando il pensiero astratto ti fanno pensare più di quello che vedi?'” [13].

E così Migliari, in relazione alla rappresentazione



[nella pagina]

8. Mies van der Rohe, Casa Tugendhat – Brno (Repubblica Ceca). Schizzi di progetto per rendering e modelli restituitivi di spazi interni (Studente Luca Centorame, Corso di Informatica Grafica, Università degli Studi dell'Aquila, a.a. 2009-2010, Prof. Stefano Brusaporci).

[nella pagina successiva]

9. Mies van der Rohe, Casa Tugendhat – Brno (Rep. Ceca). Un gruppo di visitatori (tra cui anche personaggi autorevoli) esamina un edificio simbolo dell'architettura razionalista: post-processing rendering per l'ambientamento con differenti tipi di figure umane (Studente Luca Centorame, Corso di Informatica Grafica, Università degli Studi dell'Aquila, a.a. 2009-2010, Prof. Stefano Brusaporci).

della Maison Citrohan di Le Corbusier: “Il problema di un digitale pittorico, allusivo, che non vuole essere realistico né tanto meno fotografico, ma vuole solo esprimere luce e spazialità”[14].

Il fotorealismo è utile ma non si pone come fondamentale, richiede un approccio critico. Scrive Roberto De Rubertis: “[...] ogni rappresentazione, nel momento in cui costituisce o trasmette un ‘disegno’ [...] passa attraverso un filtro tecnico che ne traduce il senso secondo una procedura convenzionale che oscilla tra l’analogico e il mimetico. [...] nell’uno e nell’altro caso, con il passaggio attraverso le procedure costruttive dell’immagine, il senso del messaggio può subire alterazioni, condizionamenti e deformazioni che in ultima analisi è compito dell’operatore, e della sua abilità, asservire all’intenzione originaria.” E cita Gadamer, ricordando che “[...] il vero fine della rappresentazione è raggiungere una verità, nel senso di consentire il riconoscimento di qualcosa che è fissato nell’essenza del reale e che “è liberato dalla causalità dei suoi modi di apparire”[15].

Sull’ulteriore questione relativa alle modalità di rappresentazione di un modello 3D digitale, che per sua natura “esiste” in uno spazio virtuale tridimensionale, De Rubertis sottolinea che: “[...] la co-



municazione dell'ampliato panorama informativo digitale non può che avvenire attraverso immagini pur sempre costruite o proiettate sulla superficie bidimensionale del foglio o dello schermo", circoscrivendo le modalità percettive[16]. Infine il pensiero corre ai modelli plastici, dove lo spazio era fisico ma ridotto in scala e quindi con limitazioni percettive. Nei modelli digitali lo spazio virtuale offre, nelle immagini bidimensionali, rappresentazioni verosimili[17]. È d'obbligo ricordare che aspetti non eludibili nella rappresentazione dell'architettura sono:

- La scala di rappresentazione, ovvero i livelli di dettaglio del modello digitale.

- Le caratteristiche architettoniche dell'edificio (ad esempio rudere di epoca classica, architettura barocca, edificio razionalista).
- Il fine della comunicazione ed i soggetti cui è rivolta (tecnici, operatori del settore, società civile, etc.).

Mario Centofanti, ragionando sulla "natura del modello" scrive: "[...] il modello rappresentativo e restitutivo dell'edificio è parte integrante della conoscenza storica e, nel suo insieme, testo autonomo possibile di ulteriori analisi e interpretazioni. Il modello infatti fornisce tutta una serie di utili informazioni sul significante architettonico, sotto un particolare riguardo e in un determinato mo-

mento storico. A sua volta il modello si presta ad essere storicizzato e studiato, non più, e solo per il suo rapporto con l'oggetto presentato, ma come documento esso stesso in relazione al contesto storico-culturale che lo ha prodotto." Ed aggiunge: "Se da una parte la rappresentazione schematica realizzata nel modello allontana dall'oggetto reale, dall'altra essa facilita quel processo di astrazione che è alla base di ogni possibile iter interpretativo e/o progettuale" [18].

Tomás Maldonado evidenzia come il ruolo del modello è allora quello di consentire una simulazione della realtà, secondo un ruolo conoscitivo del modello: "[...] arricchire la nostra esperienza, anzi fornirci più esperienza di quella che noi avremmo potuto raccogliere, senza la mediazione dell'immaginabile, in un rapporto, diciamo, empirico con la realtà" [19].

In tale senso il modello 3D simula matematicamente le geometrie, gli spazi, i materiali, le caratteristiche architettoniche dell'edificio, mentre i rendering inverano percettivamente le simulazioni matematiche.

Si ritiene di poter parlare di differenti stati di una stessa simulazione. Questi possono essere soggetti ad un metodo di verifica iterativo dove successive visualizzazioni critiche, sempre più accurate, consentono al disegnatore di perfezionare il modello rappresentativo[20].

Una strutturazione per certi versi monadica dove il modello 3D contiene i modelli scena, e questi vanno a costituire i modelli rappresentativi.

Nell'ambito delle esperienze condotte in seno al Corso di Informatica Grafica, tenuto da chi scrive all'interno del Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura U.E., Università degli Studi dell'Aquila, si è focalizzata l'attenzione sulle problematiche relative alla rappresentazione di architetture esistenti, tanto edifici storici quanto opere di affermati progettisti, tali da poter essere intese come componenti del patrimonio culturale[21].

Nell'utilizzo del disegno digitale, si è ritenuto utile, dal punto di vista tanto metodologico quanto operativo, tenere presente l'articolazione ed il rapporto tra i vari tipi di modelli enunciati: attraverso la realizzazione di modelli 3D digitali, modelli della scena, modelli di sintesi e post-elaborazioni è



10. Alvaro Siza, Casa Vieira De Castro – Villa Nova de Famalicao (Portogallo). Interpretazione dell'edificio come architettura esemplare dell'autore: Siza 'firma' la sua opera (Studiante Teodoro Battisti, Corso di Informatica Grafica, Università degli Studi dell'Aquila, a.a. 2009-2010, Prof. Stefano Brusaporci).

11. Alvaro Siza, Casa Vieira De Castro – Villa Nova de Famalicao (Portogallo). Modello rappresentativo degli spazi di distribuzione (Studiante Teodoro Battisti, Corso di Informatica Grafica, Università degli Studi dell'Aquila, a.a. 2009-2010, Prof. Stefano Brusaporci).



stato studiato come le tecnologie digitali possano favorire la rappresentazione e la comunicazione dell'architettura. In particolare sono state condotte esperienze relative alle seguenti tematiche:

- Elaborazione di modelli digitali bidimensionali e loro rappresentazione (piante, prospetti, sezioni, planimetrie).
- Elaborazione di modelli digitali tridimensionali e loro rappresentazione per analisi funzionali, distributive e del sistema strutturale.
- Progetto della rappresentazione del modello digitale ovvero *schizzi per il rendering*.
- Elaborazione di modelli digitali tridimensionali e visualizzazione con diversi metodi di rappresentazione (assonometrie, esplosi, spaccati, prospettive esterne, interne, prospettive a quadro orizzontale, sezioni prospettiche).

- Studio del cambiamento del contenuto comunicativo al variare delle caratteristiche del significante digitale: proprietà della camera, dei materiali, dell'illuminazione, dell'ambientamento (figure umane, arredi, contesto, sfondo, etc.).
- Confronto tra rappresentazione con maquettes (*physical models*) e modelli digitali (*digital models*) ovvero lo *spazio fisico vs lo spazio digitale*.
- Studio del rapporto tra modelli rappresentativi ed immagini fotografiche ovvero la *rappresentazione vs il realismo*.
- Analisi formale (contesto, facciate, attacchi a terra, coperture, soluzioni d'angolo, ingressi, scale, spazi interni).

Le rappresentazioni sono simbiotiche all'utilizzo del disegno per l'analisi grafica, analisi che le hanno precedute ed accompagnante[22].

[nella pagina precedente]

12. Werner Tscholl, Schopf House – Vezzano (Bolzano). Studio del rapporto tra modello rappresentativo ed immagine fotografica ovvero la *rappresentazione vs il realismo* (Studente Maurizio Di Ferdinando, Corso di Informatica Grafica, Università degli Studi dell'Aquila, a.a. 2009-2010, Prof. Stefano Brusaporci).

[nella pagina]

13. Marcio Kogan, Casa du Plessis – Rio de Janeiro (Brasile). Rendering fotorealistico con ambientamento degli interni con arredi (Studente Simone Esposito, Corso di Informatica Grafica, Università degli Studi dell'Aquila, a.a. 2009-2010, Prof. Stefano Brusaporci).



NOTE

[1] Purini, F., *Digital Divide*, in Sacchi, L., Unali, M., (a cura di), "Architettura e cultura digitale", Skira, Milano 2003, pp. 90-91.

[2] Unali, M., *Qual è il modello di rappresentazione complesso nella rivoluzione informatica?*, in «Disegnare idee immagini» 38/2009, pp. 30-39.

[3] Il disegno di progetto e dell'architettura cosiddetta virtuale non vengono qui affrontati, ritenendo che, seppur presentino molti aspetti correlati alle presenti tematiche, richiedano considerazioni che condurrebbero verso altri argomenti rispetto a quelle che si è scelto di trattare.

[4] De Fusco, R., *Rappresentazione*

e conformazione nell'architettura informatica, in Sacchi, Unali, "Architettura...", op. cit., p.21.

[5] Nel caso di architettura storica anche fasi costruttive, stato di conservazione, etc. cfr. Brusaporci, S., *Sperimentazione di modelli tridimensionali nello studio dell'architettura storica*, in Brusaporci, S., (a cura di), "Sistemi informativi integrati per la tutela la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano", Gangemi, Roma 2010, pp. 58-64.

[6] Migliari, R., *Metodi/tecniche della rappresentazione digitale*, in Unali, M., (a cura di), "New lineamenta", Kappa, Roma 2009, p. 19. Ma anche Idem, *Introduzione alla prospettiva dinamica interattiva*, in

Migliari, R., (a cura di), "Prospettiva dinamica interattiva", Kappa, Roma 2008, pp. 6-17.

[7] Gaiani, M., *Architectorum delineamenta instrumenta ovvero le interfacce di lavoro dell'architetto*, in Unali, M., (a cura di), "Abitare virtuale significa rappresentare", Kappa, Roma 2008, p.77.

[8] Gaiani, M., *Un viaggio attraverso gli strumenti e i metodi di produzione del progetto di disegno industriale nell'epoca della progettazione digitale totale*, in Gaiani, M., (a cura di), "La rappresentazione riconfigurata", Poli. design, Milano 2006, p. 23.

[9] Migliari, *Metodi/tecniche...*, op. cit., p. 22. Per una trattazione sistematica cfr. Idem, *Geometria*

descrittiva, CittàStudi, Novara 2009, pp. 206-254.

[10] Migliari, R., *Prospettiva...*, op. cit.

[11] Migliari, R., *Metodi/tecniche...*, op. cit., p. 20.

[12] Maldonado, T., *Reale e virtuale*, Feltrinelli, Milano 2007 (1992), p. 150.

[13] Gaiani, M., *Dove stiamo andando?*, in Unali, "New lineamenta", op. cit., p. 50.

[14] Migliari, R., *Metodi/tecniche...*, op. cit., p. 28. Inoltre cfr. P. Quattrini, *Maison Citrohan, verso un'architettura*, in Migliari, "Prospettiva...", op. cit., pp. 104-124.

[15] De Rubertis, R., *Il disegno digitale: libertà o coartazione espressiva?*, in Sacchi, L., Unali, M., "Architettura...", op. cit., pp. 30 e 31.

[16] Ibidem, p. 27.

[17] A riguardo cfr. Gaiani, M., *Architectorum...*, op. cit., p.79.

[18] Centofanti, M., *Della natura del modello architettonico*, in Brusaporci, S., "Sistemi...", op. cit., p.47 e p. 52.

[19] Maldonado, T., *Reale...*, op. cit., p. 57, inoltre cfr. p.68. Sul concetto di simulazione in computer graphics cfr. Bettetini, G., *La simulazione visiva*, Bompiani, Milano 2006 (1991).

[20] Sul processo iterativo di simulazione cfr. Gaiani, M., *Un viaggio...*

op. cit., p. 32.

[21] Le immagini del presente contributo sono tratte dai lavori realizzati dagli studenti del Corso di Informatica Grafica a.a. 2009-2010, Docente Dott. Ing. Stefano Brusaporci (Professore aggregato).

[22] Sul disegno per l'analisi grafica dell'architettura cfr. Docci, M., (a cura di), *Disegno e analisi architettonica*, Dipartimento di Rappresentazione e Rilievo – Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Roma 1983; Idem, *Disegno e rilievo: quale didattica?*, in «Disegnare idee immagini» 0/1989, pp. 37-54; in particolare sull'uso dei modelli digitali per l'analisi grafica: Albisinni, P., De Carlo, L., (a cura di), *Architettura Disegno Modello*, Gangemi, Roma 2011.