

DOMANDE FALLA

1. Che cosa si intende per ricostruzione ipotetica virtuale?

La ricostruzione ipotetica virtuale è l'uso di tecnologie informatiche per creare modelli digitali di beni culturali che sono andati perduti, danneggiati o inaccessibili, basandosi su dati scientifici e ipotesi plausibili per restituire una visione di come apparivano in passato, fungendo da strumento di ricerca, conservazione, educazione e divulgazione. Non è mai una restituzione assoluta, ma una rappresentazione scientificamente fondata che integra dati reali con interpretazioni, distinguendo chiaramente il virtuale dalla realtà storica.

2. Che cosa si intende per Modello Critico Digitale?

Un Modello Critico Digitale è una rappresentazione digitale di un oggetto, un edificio o un sito che non si limita a riprodurre fedelmente la forma, ma integra analisi, interpretazioni e valutazioni critiche sullo stato, il significato o il comportamento dell'oggetto stesso. Questo tipo di modello è utilizzato soprattutto in architettura, restauro e beni culturali per documentare, studiare e comunicare informazioni complesse, combinando dati geometrici, fotografici, storici e tecnici, in modo che il modello diventi uno strumento di conoscenza e riflessione, non solo di rappresentazione visiva.

3. In che modo la scala dell'incertezza rappresenta i diversi gradi di attendibilità di una ricostruzione?

La scala rappresenta l'attendibilità attraverso un sistema cromatico e numerico che correla la precisione dei dati alla percentuale di incertezza:

- Codifica visiva (Colori): Utilizza una scala di colori che va dal grigio/blu (bassa incertezza/alta attendibilità) al rosso (massima incertezza/bassa attendibilità). Ad esempio, il livello 1 (grigio) indica la massima affidabilità, mentre il livello 7 (rosso) indica il grado più basso.
- Graduazione numerica e percentuale: L'incertezza è suddivisa in livelli (da 1 a 7 nella scala completa). Ogni livello corrisponde a una fascia percentuale specifica (es. Livello 1: 0-14% di incertezza; Livello 7: 86-100%).
- Flessibilità della scala: L'attendibilità può essere visualizzata con diversi livelli di dettaglio (scale a 7, 5 o 3 passaggi), permettendo di raggruppare i gradi di incertezza a seconda delle necessità della divulgazione o dell'analisi.
- Applicazione spaziale: Come mostrato nel modello 3D dell'edificio, ogni singola parte della ricostruzione viene colorata in base al suo livello di incertezza, permettendo di capire a colpo d'occhio quali elementi sono basati su prove certe e quali su ipotesi.

4. Quali criteri si adottano per definire e applicare la scala dell'incertezza?

L'applicazione della scala segue un processo logico rigoroso (mostrato nel diagramma di flusso) basato sulla natura e qualità delle fonti:

- Presenza di dati basati sulla realtà (Reality-based data): Se sono disponibili dati derivanti da rilievi diretti di alta qualità, usabili e coerenti, si assegna il livello minimo di incertezza (Livello 1).
- Tipologia delle fonti:
 - Fonti Primarie/Dirette: Se i dati reali mancano, si usano fonti dirette (disegni originali, rilievi storici). Se sono chiare e accurate, l'incertezza rimane bassa (Livello 2). Se sono parziali o poco chiare, si sale nella scala.
 - Fonti Secondarie/Indirette: Se mancano le fonti primarie, si ricorre a fonti indirette. Il livello di incertezza aumenta se queste fonti provengono da autori diversi dal creatore originale o se sono meno affidabili (Livelli 3-6).
- Affidabilità dell'autore: Un criterio chiave è se le fonti secondarie sono dello stesso autore dell'opera originale o di autori differenti. Le congetture basate sullo stesso autore sono considerate più attendibili (Livello 3 o 5) rispetto a quelle basate su autori diversi (Livello 4 o 6).
- Congettura e Conoscenza Personale: Il livello massimo di incertezza (Livello 7) si applica quando non esistono fonti e la ricostruzione si basa solo sulla conoscenza personale o su dati non referenziati.
- Astensione: Si applica il criterio di "astensione" (colore nero) per elementi non rilevanti, dati mancanti o parti non risolte della ricostruzione.

5. Come può essere definito il linguaggio classico dell'architettura?

Il linguaggio classico dell'architettura può essere definito come un sistema di regole formali e proporzionali fondato sull'uso degli ordini architettonici, della simmetria, della misura e del rapporto armonico tra le parti, derivato

DOMANDE FALLA

dall'architettura greca e romana. Non è solo un insieme di forme riconoscibili, ma una vera grammatica compositiva che organizza spazio e costruzione attraverso elementi codificati come colonna, trabeazione, arco e frontone, secondo principi di equilibrio, chiarezza e gerarchia. Questo linguaggio mira a rendere l'architettura comprensibile, stabile e rappresentativa, esprimendo un'idea di ordine razionale e di continuità tra costruzione, città e corpo umano, e proprio per la sua struttura regolata può essere reinterpretato in epoche diverse senza perdere la propria identità.

6. Quanti e quali sono gli ordini architettonici codificati da Andrea Palladio?

Nel suo trattato "i quattro libri dell'Architettura" codificò i cinque ordini architettonici classici: Tuscanico, Dorico, Ionico, Corinzio e Composito,

7. Quali sono le parti principali dell'ordine architettonico?

Le parti principali di un ordine architettonico classico sono tre, dal basso verso l'alto: il Piedistallo (o stilobate), la Colonna e la Trabeazione, ognuna con le proprie suddivisioni, che insieme definiscono lo stile (Dorico, Ionico, Corinzio, ecc.) attraverso proporzioni e decorazioni specifiche, come la base, il fusto e il capitello per la colonna, e l'architrave, il fregio e la cornice per la trabeazione.

8. Come è strutturata la trabeazione classica?

Secondo Vitruvio, la trabeazione classica è la parte orizzontale che sovrasta le colonne ed è composta da tre elementi principali: Architrave, Fregio e Cornice, con proporzioni e dettagli che variano tra Dorico, Ionico e Corinzio, riflettendo robustezza (Dorico) o snellezza ed eleganza (Ionico e Corinzio).

9. Che cos'è l'entasi di una colonna? E come si costruisce?

L'entasi è un leggero rigonfiamento del fusto della colonna, tipicamente a circa un terzo della sua altezza, utilizzato nell'architettura greca (soprattutto dorica) per correggere l'illusione ottica che farebbe apparire una colonna perfettamente dritta come più stretta al centro, e per simulare lo sforzo e la tensione della colonna che sopporta il peso sovrastante. L'altezza del fusto va divisa in tre parti. La prima parte in basso ha il profilo dritto. La parte restante va disegnata con il comando curva "control curve point", ovvero va disegnata con una curva b-spline. Si parte a disegnare la curva dal basso, ovvero dall'attacco con il primo pezzo dritto; il secondo punto di controllo va preso sulla verticale a circa 2/3 dell'altezza del fusto. L'ultimo punto della curva è l'attacco al profilo curvo del fusto in alto. Questo metodo consente di disegnare la curva come raccomanda Palladio nel suo trattato; egli si aiuta con un righello di legno che viene flesso; noi usiamo la rappresentazione matematica della curva NURBS che consente di simulare accuratamente le proprietà geometriche di queste curve.

10. Qual è la differenza tra modulo e unità di misura in architettura?

Il modulo è un'unità di misura convenzionale, spesso derivata da una parte specifica dell'edificio (come il raggio di una colonna), che serve da riferimento per proporzionare tutte le altre parti. L'unità di misura è il concetto più generale di misura (metro, piede, pollice).

11. Che cosa si intende per segmentazione semantica nel contesto della rappresentazione digitale?

La segmentazione semantica è un algoritmo di deep learning che associa un'etichetta o una categoria a ogni pixel di un'immagine. Viene utilizzata per riconoscere una serie di pixel che formano categorie distinte.

12. Quali sono i principali metodi di rappresentazione digitale?

I principali metodi di rappresentazione digitale sono:

Bitmap (Raster), basata su una griglia di pixel (matrice di punti), ideale per foto e immagini complesse; e Vettoriale, che utilizza primitive geometriche (punti, linee, curve) definite matematicamente, perfetta per loghi e disegni tecnici scalabili; a queste si aggiungono i metodi tradizionali di Geometria Descrittiva (proiezioni ortogonali, assonometria, prospettiva) adattati al digitale, e la rappresentazione basata su dati numerici/matematici per modelli 3D e statistiche.

13. Quali sono le principali tecniche di modellazione digitale?

Le principali tecniche di modellazione digitale si dividono in metodi basati su poligoni (mesh) per forme complesse e rendering (Blender, Maya), NURBS/Spline per curve precise e superfici lisce (Rhino), e CAD/Solidi per ingegneria e design di prodotto.

DOMANDE FALLA

14. In cosa consiste la differenza tra metodi di rappresentazione e tecniche di modellazione?

La rappresentazione si occupa di *come* si traduce la realtà (es. con disegni, prospettive, piante) tramite metodi (geometrici, grafici), focalizzandosi sulla comunicazione visiva, mentre la modellazione si concentra sulla *creazione* di modelli (fisici o digitali) che simulano il comportamento e le funzioni di un oggetto o sistema complesso (come un edificio), usando tecniche che permettono analisi e simulazioni per comprenderne la struttura e le prestazioni.

15. Come può essere definita la rappresentazione continua?

La rappresentazione matematica è *continua* e *accurata* e descrive le forme geometriche tramite la matematica NURBS.

16. Come può essere definita la rappresentazione numerica o poligonale?

La rappresentazione numerica descrive le forme in modo discreto e approssimato.

17. Che cos'è la tassellazione nella rappresentazione grafica digitale?

La tassellazione nella rappresentazione grafica digitale è il processo di suddivisione di una superficie o di una forma complessa in un insieme di elementi geometrici più semplici, detti *tasselli* (di solito triangoli, quadrati o poligoni), che si accostano senza sovrapporsi né lasciare vuoti. Nel contesto digitale, la tassellazione serve a:

- rendere rappresentabili e gestibili superfici continue all'interno del computer
 - trasformare forme curve o irregolari in strutture discrete calcolabili
 - permettere il rendering, la modellazione 3D e la visualizzazione in tempo reale
- In particolare, nella grafica 3D, la tassellazione è fondamentale perché:
- le superfici vengono approssimate tramite una mesh di poligoni (spesso triangoli)
 - maggiore è il numero dei tasselli, maggiore è il dettaglio della rappresentazione
 - minore è il numero dei tasselli, maggiore è l'efficienza computazionale

18. Che cos'è una superficie NURBS?

Le NURBS sono in grado di descrivere in modo accurato le geometrie più complesse come le curve grafiche o spline e le superfici "libere" o free-form e quelle classiche come le curve e le superfici quadriche.

Differenza tra modello matematico e modello numerico: esempio della sfera NURBS e della sfera mesh (o poligonale): la prima è generata da un'equazione matematica della sfera e la superficie è descritta in modo continuo e accurato in ogni punto; la seconda è descritta in modo discreto e approssimato e la superficie è descritta da un determinato numero di punti e di poligoni.

19. Che cos'è una superficie mesh?

È una geometria fatta di facce triangolari, non è una curvatura continua, quando si fanno simulazioni elastiche in computer grafica sono sempre fatte da mesh, perché si basano su distribuzione dell'errore iterativa.

20. Quali sono i solidi platonici e perché non è possibile costruire altri solidi simili con un numero maggiore di facce?

I solidi platonici sono cinque poliedri regolari convessi caratterizzati dal fatto che tutte le facce sono poligoni regolari congruenti e che in ogni vertice si incontrano lo stesso numero di facce con angoli uguali. Essi sono il tetraedro, formato da quattro facce triangolari, il cubo o esaedro con sei facce quadrate, l'ottaedro con otto facce triangolari, il dodecaedro con dodici facce pentagonali e l'icosaedro con venti facce triangolari. Non è possibile costruire altri solidi platonici con un numero maggiore di facce perché, affinché un solido regolare possa esistere, la somma degli angoli delle facce che si incontrano in un vertice deve essere minore di 360 gradi; se la somma fosse uguale o superiore, le facce risulterebbero complanari e il solido non si chiuderebbe nello spazio. Questo vincolo limita le combinazioni possibili di poligoni regolari e numero di facce per vertice e fa sì che solo in questi cinque casi la geometria consenta la formazione di un solido regolare convesso.

21. Come si costruisce un tetto a falde con pendenza costante?

La forma del tetto dipende principalmente della forma del poligono al quale il tetto deve essere sovrapposto e dalle eventuali differenze di altezza dei muri perimetrali. Il tetto è composto da più falde generalmente piane che hanno eguale angolo di pendio. La falda è limitata inferiormente dalla linea di gronda che è orizzontale e parallela alla facciata sulla

DOMANDE FALLA

quale la falda si appoggia. Oltre che dalla linea di gronda una falda è limitata all'intorno dalle linee di intersezione con le altre falde, che sono generalmente rette. Queste linee si dicono displuvi se il diedro formato dalle due falde volge la convessità verso l'esterno dell'edificio, impluvi, o compluvi se il diedro formato dalle due falde volge la concavità verso l'esterno dell'edificio. I compluvi sono da evitare, per quanto possibile. Si chiama vertice ogni punto in cui concorrono tre o più falde. Si chiama colmo una linea di displuvio orizzontale. Una falda è completamente determinata dalla sua linea di gronda e dal suo angolo di pendio. Questo angolo varia tra 25° e 60° , in funzione di parametri climatici del luogo (essenzialmente precipitazioni e vento).

L'unica differenza rispetto alla costruzione nel piano e nell'alzato consiste nel verificare nello spazio tridimensionale la planarità delle falde una volta terminato di costruire il profilo a fil di ferro delle falde. Questo può essere fatto usando direttamente il comando "superfici da curve planari"; se le curve che delimitano la falda non giacciono tutte sullo stesso piano allora la superficie piana non potrà essere costruita. Un'altra accortezza consiste nel verificare che non ci siano linee di compluvio orizzontali; tale spigolo impedirebbe il normale defluire delle acque piovane a terra.

22. Che cosa distingue un arco da una volta?

Un arco e una volta si distinguono per forma, funzione e dimensione spaziale. L'arco è un elemento strutturale bidimensionale, cioè uno sviluppo curvo in un solo piano, che serve a coprire un'apertura e a trasmettere i carichi ai piedritti laterali tramite compressione. La volta, invece, è un elemento tridimensionale, ottenuto dalla traslazione o rotazione di un arco nello spazio, e ha la funzione di coprire un ambiente, distribuendo i carichi non solo su due appoggi ma su un sistema più complesso di sostegni. In sintesi, l'arco è l'unità generatrice, mentre la volta è lo spazio costruito a partire dall'arco.

23. Che cos'è una volta a crociera e da quali superfici è generalmente composta?

La volta a crociera è poggiata su pilastri, quindi come appoggio disegniamo dei quadrati, la base è quadrata. Si fa un arco a tutto sesto. Si ruotano i due archi di 90° e estrudiamo i due archi. Tagliando le parti interne abbiamo realizzato una volta a crociera. Poi facciamo gli spessori, chiudiamo le superfici e realizziamo i pilastri.

24. Che cos'è una volta a padiglione e da quali superfici è generalmente composta?

Si appoggia solamente su una muratura, non su pilastri, quindi disegniamo dei rettangoli come appoggio. Il procedimento poi è lo stesso della volta a crociera. Tagliamo le parti sovrastanti con i piani di taglio, così otterremo una volta a padiglione.

25. Che cos'è una volta a vela e da quali superfici è generalmente composta?

Ha una base rettangolare, sorretta da pilastri. Disegniamo un arco a tutto sesto nel lato corto, lo copiamo e lo incolliamo nel lato più lungo per realizzare un'elisse con l'imposta dell'arco a tutto sesto. Gli ruotiamo di 90° . Facciamo dei conci agli angoli e lo estrudiamo realizzando un arco. Nel lato più lungo facciamo sweep a 1 binario. Chiudiamo le superfici e tagliamo con i piani di taglio le parti che si sovrappongono negli angoli. Facciamo una sfera con la diagonale e la ruotiamo così che non coincide con l'imposta. Facciamo dei piani di taglio nei quattro lati del rettangolo. Per fare l'estradosso facciamo una sfera che ha un raggio maggiore rispetto a quella che abbiamo già realizzato e con i piani di taglio di prima ritagliamo le parti che non ci servono. Chiudiamo le superfici e facciamo i pilastri.

26. Che cosa sono le lunette cilindriche e come vengono generate?

La lunetta è l'apertura semicircolare che si fa nel fianco di una volta a botte per dare luce nell'ambiente. Tra l'arco e la volta, in particolare attraverso il rinfiacco, si apre un passaggio che viene coperto con una superficie cilindrica.

27. Che cosa sono le lunette sferoidiche e come vengono generate?

La lunetta è l'apertura semicircolare che si fa nel fianco di una volta a botte per dare luce nell'ambiente. Tra l'arco e la volta, in particolare attraverso il rinfiacco, si apre un passaggio che viene coperto con una superficie di forma simile a una porzione di ellissoide.

28. Quali sono le superfici elicoidali e come possono essere generate?

Le superfici elicoidali sono superfici rigate e sviluppabili. L'elicoide lo si può formare tramite un'elica e un'asse, occorre fare una retta che è tangente all'elica. Lo spigolo su cui si muove la retta tangente si chiama spigolo di regresso della superficie, diventa anche la curva che dà la simmetria della superficie (simmetria obliqua). Le superfici elicoidali sono

DOMANDE FALLA

superfici generate dal movimento elicoidale di una curva, che combina rotazione e traslazione uniforme attorno a un asse fisso, come le spirali di viti e molle.

29. Qual è la differenza tra un *elicoide a filetto triangolare*, uno a *filetto rettangolare (o elicoide retto)* e un *elicoide sviluppabile*?

L'elicoide retto (o superficie a filetto rettangolare) è una superficie rigata sghemba, non è una superficie rigata (le superfici rigate non sono tutte sviluppabili). In questo caso la generatrice retta è perpendicolare all'asse. Dunque, l'elicoide retto ha tutte le generatrici rette, perpendicolari all'asse. Si dice che questa superficie ha un piano direttore. Sono importantissime, si usano tantissimo nella meccanica, ad esempio, perché sono superfici auto ricorsive, scorrono l'una sull'altra.

Nella superficie a filetto triangolare invece la generatrice retta è appoggiata alla direttrice e all'asse della superficie e con quest'ultima forma un certo angolo.

Nell'elicoide sviluppabile la generatrice retta è tangente all'elica direttrice e si mantiene tale nel suo movimento rototraslatorio. L'elicoide sviluppabile ha curvatura gaussiana nulla e perciò è sviluppabile nel piano (per porzioni).

30. Come si costruisce un *nastro di Möbius* con un foglio di carta e come può essere generato matematicamente?

Si costruisce un nastro di Möbius con un foglio di carta prendendo una striscia, darle una torsione di 180 gradi a un'estremità e incollarla all'altra estremità, creando una superficie a un solo lato e un solo bordo. Matematicamente, è generato dall'identificazione topologica dei lati opposti di un rettangolo, ma con una torsione che inverte l'orientamento su un lato.

31. In quali ambiti architettonici viene solitamente impiegato l'elicoide retto?

La costruzione di una scala elicoidale. Si costruisce un concio che corrisponde ad un'alzata della scala. L'intera scala è costruita dal movimento roto-traslatorio del concio lungo l'elica generatrice della scala.

32. Secondo quali criteri possono essere *classificate le superfici*?

Le superfici possono essere classificate secondo diversi criteri, in particolare in base alla curvatura, cioè a come la superficie si piega nello spazio, e in questo ambito è fondamentale la curvatura gaussiana, che dipende dal prodotto delle due curvatures principali presenti in ogni punto della superficie; in base al valore di questa curvatura si distinguono punti ellittici, in cui la superficie è curva nello stesso verso in entrambe le direzioni ed è quindi a curvatura positiva (come la sfera), punti iperbolici, in cui la superficie si incurva in versi opposti ed è a curvatura negativa (come una superficie a sella), punti parabolici, in cui la superficie è curva in una sola direzione e ha curvatura nulla (come il cilindro), e punti planari, in cui la superficie non è curva in nessuna direzione, permettendo così di distinguere superfici a curvatura positiva, negativa, nulla o mista, a seconda di come questi tipi di punti sono distribuiti sulla superficie.

33. Che cosa si intende per *classificazione geometrica, analitica e differenziale delle superfici*?

Per classificazione geometrica, analitica e differenziale delle superfici si intende una suddivisione basata su tre diversi modi di descriverle e studiarle: la classificazione geometrica riguarda il modo in cui la superficie nasce o viene generata, ad esempio come superficie ottenuta dal movimento di una curva nello spazio; la classificazione analitica descrive la superficie attraverso equazioni matematiche e sistemi di coordinate che ne definiscono la forma in modo quantitativo; la classificazione differenziale infine studia la superficie a livello locale, punto per punto, analizzandone le proprietà come la curvatura, le geodetiche e il comportamento nello spazio tramite gli strumenti del calcolo infinitesimale.

34. Come può essere definita la *curvatura gaussiana di una superficie*?

La curvatura gaussiana di una superficie può essere definita come una misura intrinseca di quanto la superficie si discosta dall'essere piana in un punto.

Il segno di K indica il tipo di curvatura locale della superficie. Se K è positivo, la superficie si incurva nello stesso verso in tutte le direzioni (punti ellittici); se K è negativo, la superficie si incurva in versi opposti (punti iperbolici); se K è nullo, la superficie è curva in una direzione e piatta in un'altra (punti parabolici).

35. Che cosa rappresentano i *punti ellittici, iperbolici e parabolici di una superficie*?

In ogni punto di una superficie esistono due direzioni privilegiate lungo le quali la superficie si curva di più e di meno: sono le curvatures principali. Il loro comportamento combinato determina il tipo di punto. Se entrambe le curvatures

DOMANDE FALLA

principali hanno lo stesso segno, cioè la superficie si piega nello stesso verso in tutte le direzioni, il punto si dice **ellittico**.

In un punto ellittico la superficie ha una forma simile a quella di una cupola.

Se invece le due curvatures principali hanno segno opposto, la superficie in quel punto si piega in un verso lungo una direzione e nel verso opposto lungo un'altra. In questo caso il punto è detto **iperbolico**. La forma locale è quella di una sella: la superficie sale in una direzione e scende in quella perpendicolare.

Esiste poi una situazione intermedia, in cui una delle due curvatures principali è nulla mentre l'altra è diversa da zero. In questo caso il punto si chiama **parabolico**. Qui la superficie è curva in una direzione, ma piatta nell'altra, come accade sulla superficie laterale di un cilindro.

36. Cosa vuol dire curvatura nulla, negativa e positiva?

Curvatura nulla, negativa e positiva descrivono la forma dello spazio o di una superficie: curvatura nulla (piatta) è come un foglio di carta (geometria euclidea, somme angoli triangolo = 180°), curvatura positiva (sferica) è come una sfera (la somma angoli triangolo $> 180^\circ$), mentre la curvatura negativa (iperbolica/a sella) è come una sella di cavallo (somma angoli triangolo $< 180^\circ$)

37. Che cosa si intende per cerchio osculatore?

Per cerchio osculatore si intende il cerchio che, in un determinato punto di una curva, ne approssima al meglio l'andamento locale, avendo in quel punto la stessa tangente e la stessa curvatura della curva, mentre il piano osculatore è il piano che contiene la tangente alla curva e il cerchio osculatore nel punto considerato.

38. Che cosa designano le continuità G0, G1 e G2 nella rappresentazione digitale?

Nella rappresentazione digitale le continuità G0, G1 e G2 designano il grado di continuità geometrica tra due curve o superfici: la continuità G0 indica una semplice continuità di contatto, in cui gli elementi si incontrano nello stesso punto ma possono presentare uno spigolo; la continuità G1 indica una continuità di tangenza, in cui oltre al punto di contatto è comune anche la direzione della tangente, cioè la linea retta che descrive meglio la curva nel punto di analisi; la continuità G2 indica una continuità di curvatura, in cui oltre al punto di contatto e alla tangente è comune anche la curvatura, quindi le curve condividono lo stesso cerchio osculatore nel punto di contatto.

39. Che cosa si intende per curva policentrica e secondo quali procedimenti viene costruita?

Per curva policentrica si intende una curva piana composta da una successione di archi di circonferenza con centri e raggi diversi, raccordati tra loro senza soluzione di continuità, che viene costruita attraverso procedimenti geometrici individuando di volta in volta i centri degli archi e i rispettivi raggi, spesso utilizzando assi di simmetria e condizioni di tangenza per garantire un raccordo corretto e una continuità visiva tra i vari tratti.

40. Qual è la differenza tra un'ellisse e un ovale?

Ellisse è una curva continua mentre l'ovale è discontinuo. Di solito in architettura si usa molto più l'ovale per via di una proprietà fondamentale: si mantengono le proprietà geometriche della curva facendo un offset (perché l'offset di queste curve continua sempre a utilizzare gli stessi centri), importante perché consente di controllare perfettamente la geometria degli archi o delle curve. Invece per quanto riguarda l'ellisse non è possibile fare un offset di un'ellisse e ottenere un'ellisse, perde le sue proprietà. Motivo per cui non viene spesso utilizzata in architettura.

41. Come può essere definita una superficie rigata?

Possono essere definite superfici rigate quelle superfici che possono essere generate dal movimento di una retta nello spazio e hanno curvatura totale gaussiana negativa. (es. Cilindro movimento di una retta che ruota lungo un'asse, si muove lungo una linea. Cono, retta che si appoggia su un vertice e gira).

42. Che cosa caratterizza una superficie sviluppabile?

Una superficie sviluppabile è una superficie che si può sviluppare nel piano senza strappi e né sovrapposizioni. La caratteristica più importante è che si possono sviluppare le cose sul piano, dato che mantiene sempre le stesse misure, e poi esportarle alla superficie. Tra le superfici sviluppabili più famose ci sono il cono, il cilindro e l'elicoide sviluppabile. Proprietà importante: se faccio una retta su una superficie piana (rettangolo) e la involvo nella superficie sviluppabile, se è orizzontale diventa un cerchio, se è diagonale un'elica; queste rette sul piano sono la minima distanza tra i due punti, nelle superfici sviluppabili la minima distanza tra i due punti sono delle curve geodetiche (nel caso del cilindro sono delle

DOMANDE FALLA

eliche). Una superficie sviluppabile è una superficie rigata che può essere "srotolata" su un piano senza subire deformazioni (strappi o compressioni), mantenendo intatte le distanze e gli angoli; le sue geodetiche (le linee più corte) sono rette, e la sua caratteristica chiave è la curvatura gaussiana nulla ($K=0$) in ogni punto, come nel cilindro o nel cono, a differenza della sfera, non sviluppabile.

43. Quali sono le *quadriche rigate* e quali proprietà le distinguono?

Le superfici rigate quadriche sono due: il paraboloido iperbolico e l'iperboloido ellittico. L'iperboloido ellittico può essere come caso particolare un iperboloido da rivoluzione. Le quadriche rigate sono superfici rigate, ovvero superfici che possono essere generate dal movimento di una retta nello spazio e hanno curvatura totale gaussiana negativa. Perciò queste due superfici rigate non sono sviluppabili nel piano. Inoltre, queste due superfici rigate sono le uniche che presentano in ogni punto della superficie due rette generatrici che s'incontrano. Le superfici quadriche rigate, perciò, presentano due famiglie di rette: una retta di una famiglia incontra le infinite rette dell'altra famiglia e viceversa. Essendo quadriche rigate possono essere generate sia dal movimento di una retta e sia dal movimento di una conica.

44. Che cos'è un *iperboloido rigato* e come può essere generato matematicamente?

Un iperboloido rigato è una superficie che, pur essendo curva, può essere costruita come insieme di linee rette. Nell'ambito della geometria descrittiva, può essere generato facendo scorrere i due estremi di un segmento di retta lungo due curve opportunamente scelte, in modo che ogni retta rimanga completamente contenuta nella superficie; questa costruzione produce la tipica forma a "sella" dell'iperboloido, e grazie al fatto che è rigato è più semplice da rappresentare e tracciare geometricamente rispetto a una superficie curva generica.

45. Che cos'è un *paraboloido iperbolico* e come può essere generato matematicamente?

Il paraboloido iperbolico è una superficie rigata, cioè formata dall'insieme di linee rette, in cui tutte le rette sono parallele a un piano dato e si appoggiano su due rette sghembe tra loro; in questo modo la superficie assume la tipica forma a "sella" con curvatura negativa, e può essere generata geometricamente facendo scorrere i segmenti di retta in modo che mantengano sempre questa condizione, ottenendo così una superficie continua costruita interamente da rette.

46. Quali buone pratiche è opportuno adottare nella costruzione di un modello tridimensionale e quali verifiche sono necessarie per accertarne la *correttezza geometrica*?

Le verifiche necessarie da fare sono le seguenti: nel pannello di selezione clicchiamo selezione curve e seleziono punti, se ci sono gli eliminiamo o gli spostiamo nei layer 2d. Poi seleziono superfici, nel nostro progetto dobbiamo avere delle polisuperfici, quindi in caso sono da eliminare. Selezioniamo le polisuperfici aperte, se sono aperte dobbiamo fare in modo di chiuderle, perché non vengono stampate in 3d. Facciamo il test degli oggetti non validi, nella maggior parte dei casi se i solidi non sono validi vanno rimodellati. Per ultima cosa, oggetti duplicati, se ci sono, gli eliminiamo.

47. Qual è la differenza tra un *modello solido aperto* e un *modello solido chiuso* nella rappresentazione matematica?

Nella rappresentazione matematica, la differenza tra un modello solido aperto e un modello solido chiuso riguarda la completezza della superficie che definisce il volume: un modello solido chiuso ha tutte le superfici che lo compongono collegate senza interruzioni, formando un volume completamente definito e impermeabile, mentre un modello solido aperto presenta buchi o superfici mancanti; quindi, il volume non è completamente definito e la rappresentazione non racchiude uno spazio chiuso.

48. Qual è la differenza tra un *solido manifold* e uno *non-manifold* nella rappresentazione matematica?

Nella rappresentazione matematica la differenza tra un solido manifold e un solido non-manifold riguarda la definizione chiara dello spazio interno ed esterno: in un solido manifold ogni punto sulla superficie appartiene a una sola regione interna e a una sola regione esterna, quindi è possibile definire senza ambiguità l'interno del solido; in un solido non-manifold invece questa distinzione non è possibile, perché la superficie può presentare anomalie, come facce mancanti, superfici appese o intersezioni ambigue, rendendo il volume del solido non completamente definito.

49. Che cosa si intende per *rendering* nella rappresentazione digitale?

DOMANDE FALLA

"Rendering" è il processo di resa di un oggetto o di una scena 3D (o 2D) virtuale stilizzata di riferimento attraverso algoritmi di calcolo automatizzato. Il processo è eseguito da un motore di rendering che genera un'immagine 2D (matrice di pixel) più o meno fotorealistica attraverso algoritmi di calcolo che analizzano la geometria della scena e le condizioni di contorno imposte (luci, materiali, animazioni, filtri colore, effetti...) e assegnano così un colore ad ogni pixel.

50. Qual è la differenza tra luce a 45° e ombra a 45° e in quali casi si utilizzano?

La luce a 45° è l'inclinazione dei raggi solari di 45°, solitamente utilizzata per piante e planivolumetrici, permettendo di misurare l'altezza dell'edificio.

L'ombra a 45° è una direzione convenzionale che utilizziamo nel ricavare l'ombra dei prospetti per ottenere delle semplificazioni: 45° rappresentano infatti la diagonale di un cubo appoggiato al primo e al secondo piano di proiezione (l'angolo di pendio della retta del raggio di luce non è 45° ma 35°), ciò significa che ogni qual volta incontriamo una retta/ piano perpendicolare ai piani di proiezione, la rispettiva ombra sarà sempre inclinata di 45° rispetto alla linea di terra. Questa convenzione è utilizzata anche perché ci permette di disegnare l'ombra di una figura conoscendone solo l'oggetto (questo per il "teorema degli oggetti: la distanza dell'ombra di un punto dalla linea di richiamo che passa per quel punto è uguale all'oggetto del punto stesso). Adoperando questa convenzione posso lavorare con oggetto del corpo e profondità dell'ombra. In particolare, l'oggetto del corpo viene a leggersi sulla linea orizzontale che in prospetto parte da uno degli estremi della spezzata separatrice d'ombra. La distanza dell'ombra di un punto dalla linea di richiamo che passa per quel punto è uguale all'oggetto del punto stesso. Quando una faccia è parallela alla parete, basta traslare la sua ombra del suo oggetto sul secondo piano di proiezione, poi, essendo l'oggetto un solido e avendo una certa profondità, si collegano gli spigoli a quelli della faccia decisa.

51. Che cos'è una sezione prospettica e come si imposta?

È una rappresentazione architettonica che combina la precisione tecnica di una sezione con la profondità della prospettiva, mostrando contemporaneamente dettagli interni. Le sezioni prospettiche possono essere generate da un piano di sezione verticale oppure orizzontale (*piante prospettiche*), ma anche con semipiani di sezione.

52. Quale tipo di assonometria può essere generata con i programmi di disegno CAD generalmente?

I programmi CAD generano principalmente l'assonometria isometrica e l'assonometria cavaliera.

53. Come si controlla l'angolo di campo nella rappresentazione digitale tramite una camera virtuale?

Nella rappresentazione digitale, l'angolo di campo di una camera virtuale viene controllato principalmente attraverso il clipping, impostando due piani di confine che definiscono il volume visibile: tutto ciò che si trova al di fuori di questo volume viene escluso dal calcolo del rendering. Inoltre, l'indirizzamento delle verticali può essere corretto trasladando il quadro di proiezione parallelamente a sé stesso, in modo da centrare l'immagine senza modificare il punto di vista, mentre l'altezza del punto di vista influisce sulla percezione delle proporzioni: se il punto di vista è troppo basso, gli oggetti sembrano più grandi; se è troppo alto, sembrano più piccoli. Per questo, nelle rappresentazioni architettoniche si adotta generalmente un'altezza media di uomo, intorno ai 150–160 cm, per ottenere un'immagine equilibrata e naturale.

54. Che cosa significa 300 DPI e come si imposta la risoluzione di un'immagine di dimensioni date, ad esempio 60 × 30 cm?

300 DPI (Dots Per Inch, punti per pollice) significa che un'immagine stampata conterrà 300 punti di colore per ogni pollice (2,54 cm), garantendo alta qualità e nitidezza e evitando l'effetto "pixelato". Per impostare correttamente la risoluzione di un'immagine per dimensioni date, ad esempio 60 × 30 cm, bisogna calcolare il numero di pixel necessari: prima si convertono le dimensioni in pollici ($60 \div 2,54 \approx 23,62$ pollici e $30 \div 2,54 \approx 11,81$ pollici), poi si moltiplica ciascuna dimensione per i DPI desiderati ($23,62 \times 300 \approx 7086$ pixel e $11,81 \times 300 \approx 3543$ pixel), ottenendo così la risoluzione in pixel necessaria per mantenere la qualità desiderata alla stampa.

55. Che cos'è una texture in un modello 3D?

DOMANDE FALLA

Una texture in un modello 3D è un'immagine 2D (o una serie di immagini chiamate mappe) che viene applicata alla superficie di una mesh poligonale per definirne l'aspetto visivo, aggiungendo dettagli come colore, motivi, rugosità, lucentezza o irregolarità.

56. Cos'è un motore di rendering?

Un motore di rendering è un software che elabora un modello 3D e, attraverso il calcolo della luce, dei materiali e delle ombre, lo trasforma in un'immagine bidimensionale realistica o in un'animazione.

In pratica simula il comportamento della luce nello spazio per rappresentare l'architettura come se fosse reale. I motori di rendering disponibili sono numerosissimi ed in costante crescita. Alcuni sono integrati all'interno dei software di modellazione, altri installabili sotto forma di plug-in, alcuni sono applicazioni stand alone. Questi usano le risorse hardware (GPU o CPU) in modo diverso e con diversi livelli di approssimazione. Non esiste uno strumento migliore o peggiore in generale, è pertanto fondamentale scegliere lo strumento giusto a seconda degli obiettivi e del lavoro specifico. Oggi stanno nascendo motori di rendering che integrano strumenti basati su intelligenza artificiale che semplificano e velocizzano alcuni passaggi critici del processo di preparazione della scena o di sintesi della luce.

57. Che differenza c'è tra motore di rendering *real-time* e *offline*?

Un motore di rendering si definisce "unbiased" quando ogni raggio di luce ha la stessa importanza degli altri e non si utilizzano stratagemmi o scorciatoie in termini di importanza o densità dei raggi ai fini di accelerare i tempi di rendering. In teoria con il metodo unbiased si dovrebbe ottenere un'immagine fisicamente corretta al 100% dal punto di vista della distribuzione della luce e della preservazione dell'energia, in realtà per ottenere un'immagine puntualmente corretta è necessario eseguire l'algoritmo molteplici volte e fare una media dei risultati parziali in quanto ogni risultato intermedio (pass) restituisce immagini globalmente corrette ma molto rumorose (noisy) e quindi scorrette localmente.

In genere questo processo si traduce in un metodo di rendering "multipass progressivo". Durante il rendering, tutti i pixel dell'immagine sono processati contemporaneamente dando luogo ad un'immagine globalmente corretta ed interamente visibile fin da subito, ma molto rumorosa, mano a mano che il render procede l'immagine si definisce sempre più e il rumore di fondo diminuisce gradualmente ed iterativamente. Non è detto però che ogni motore di rendering che utilizza metodi di renderizzazione progressivi siano unbiased.

Se il motore di rendering che si sta usando è progressivo ma veloce molto probabilmente non è unbiased.

Una credenza comune da sfatare è che un motore di rendering unbiased è sempre fisicamente accurato, questo non è vero. Sia i motori biased che unbiased sono inaccurati, in quanto sono simulazioni approssimate di un comportamento fisico perfetto. Però è vero che un motore di rendering unbiased è in genere un'approssimazione più vicina.

Abbiamo detto che sia i motori biased che unbiased sono inaccurati; quindi, cosa differenzia un motore biased da uno unbiased?

Ci sono diversi aspetti che un motore di rendering deve avere per essere definito biased:

1. Si devono poter limitare i rimbalzi di un raggio di luce: in un motore unbiased il raggio di luce smette di rimbalzare solo quando non incontra più geometrie o quando è completamente assorbito da un materiale.
2. Deve poter utilizzare la cache per alcuni calcoli: ai fini di velocizzare il rendering alcuni effetti possono essere salvati in cache temporaneamente, come le caustiche e la global illumination.
3. Sampling adattivo: questo è una delle caratteristiche più utili per velocizzare i tempi di rendering, e spesso è utilizzata in quei motori di rendering che si autodefiniscono "semi" unbiased. In sostanza consiste nell'aumentare i raggi (samples) solo nelle aree in cui c'è più rumore (zone in ombra meno raggiunte dai rimbalzi) in questo modo l'immagine si "liscia" più velocemente.
4. Ridurre l'intensità di alcuni raggi (clamping) per limitare l'effetto conosciuto come "fireflies": questa approssimazione consente di limitare l'effetto di bruciatura di alcuni pixel nelle riflessioni speculari.

In conclusione, metodi biased (o semi unbiased) sono quasi sempre preferibili semplicemente perché sono di gran lunga più veloci e perché tramite essi si possono ottenere risultati tanto fisicamente plausibili quanto con metodi unbiased.

58. Che differenza c'è tra *normal map*, *displacement map*, *roughness map*, *diffuse map*...?

Le texture map differenziano perché Diffuse definisce il colore base, Roughness controlla la lucidità/opacità, Normal simula dettagli sulla superficie alterando la direzione della luce, mentre Displacement modifica fisicamente la geometria del modello 3D, creando veri rilievi e depressioni. La differenza chiave è che Normal e Roughness ingannano l'occhio con la luce, mentre Displacement modifica realmente il modello, influenzando anche il suo contorno.

DOMANDE FALLA

Si modella l'immagine tramite una texture in scala di grigi, nel displacement estrude le superfici bianche e quelle nere, creando una texture in 3d. Il bump fa la stessa cosa ma in maniera illusoria, la luce si comporta in base alla geometria modellata, ma la geometria rimane la stessa. Il normal è un'evoluzione del bump, è più dettagliata, si usa un'immagine a scala di colori che rappresentano dei vettori normali nella superficie e in base a quei colori i vettori si inclinano e quindi la luce interpreta questa informazione come se la faccia fosse orientata in maniera diversa.

59. Per cosa è comunemente usata un'immagine panoramica equirettangolare HDR nell'ambito del rendering architettonico?

Un'immagine panoramica equirettangolare HDR viene utilizzata nel rendering architettonico principalmente per generare luci e riflessi realistici all'interno di una scena, perché fornisce informazioni su intensità e direzione della luce proveniente da tutte le parti dell'ambiente. Può essere usata anche come sfondo per le visualizzazioni, creando contesti realistici attorno agli edifici senza dover modellare l'intero ambiente circostante, migliorando così la percezione della scena e la qualità complessiva del rendering.