

IL GENERATIVE DESIGN E LA MODELLAZIONE A FACCETTE A SUPPORTO DELL'INGEGNERIA



LIFECYCLE

INSIGHTS

INTRODUZIONE

Progettare prodotti oggi è un compito arduo. In uno scenario globale che vede un aumento della complessità, dovuto al numero crescente di tecnologie integrate nei prodotti, maggiori richieste di collaborazione con i fornitori e una riduzione progressiva del time-to-market, gli ingegneri, gravati da una miriade di responsabilità, hanno solo il tempo di trovare il primo progetto fattibile, invece di uno potenzialmente migliore.

In questo contesto, gli ingegneri spesso scoprono di aver bisogno di ampliare le proprie capacità. Fortunatamente, una nuova tecnologia, il Generative Design, può venire in loro aiuto. Dato un insieme di vincoli definiti dagli ingegneri, questa tecnologia genera autonomamente idee di progettazione alternative utilizzando algoritmi come l'ottimizzazione topologica e algoritmi basati su forme esistenti in natura. Poiché il Generative Design opera essenzialmente come un "impiegato" del software che presenta le opzioni all'ingegnere, quest'ultimo, di conseguenza, può prendere in considerazione molte più alternative rispetto al passato. Il Generative Design, inoltre, può essere ampiamente applicato sia al Concept Design sia alla progettazione di dettaglio.

Incorporare i risultati del Generative Design, tuttavia, richiede una funzionalità specifica della geometria, chiamata modellazione a faccette (Facet Modeling). Le applicazioni CAD (Computer Aided Design) stanno iniziando solo ora a integrare tale funzionalità, insieme alla tradizionale modellazione parametrica e modellazione diretta, creando un set fondamentale, ma spesso sottovalutato, di strumenti che devono lavorare insieme a stretto contatto.

Questo eBook vuole approfondire tutti questi argomenti. Si inizierà col prendere in esame i vincoli ingegneristici attuali e le loro ripercussioni sulla qualità dei progetti. Successivamente, verrà approfondito il concetto di Generative Design, fornendo dettagli sul suo utilizzo e considerazioni di carattere tecnico, nonché l'applicazione di questa tecnologia al Concept Design e alla progettazione di dettaglio. Infine, saranno esaminate più da vicino le soluzioni con singola e con due applicazioni, attualmente disponibili. Saranno presenti, inoltre, riferimenti ai risultati degli studi di Lifecycle Insights.

Non ci sono dubbi sul fatto che progettare prodotti, oggi, sia un compito difficile. Tuttavia, nuove funzionalità come il Generative Design consentono di ampliare le capacità di un individuo senza ulteriori sforzi, con vantaggi sia per l'azienda, sia per gli ingegneri stessi.

VINCOLI INGEGNERISTICI E QUALITÀ DEI PROGETTI

Ogni progetto è un'attività di bilanciamento. Da un lato, lo sviluppo di un progetto è vincolato da una pianificazione, un budget di sviluppo, obiettivi di costo dei materiali e, non per ultimi, dai requisiti funzionali. Dall'altro lato c'è il desiderio, non solo di soddisfare questi ultimi, ma anche di superarli al fine di realizzare prodotti più innovativi e competitivi. Negli ultimi anni, tuttavia, una serie di tendenze ha deviato questa attività di bilanciamento, portando verso progetti più conservativi e frenando i processi di innovazione delle aziende.

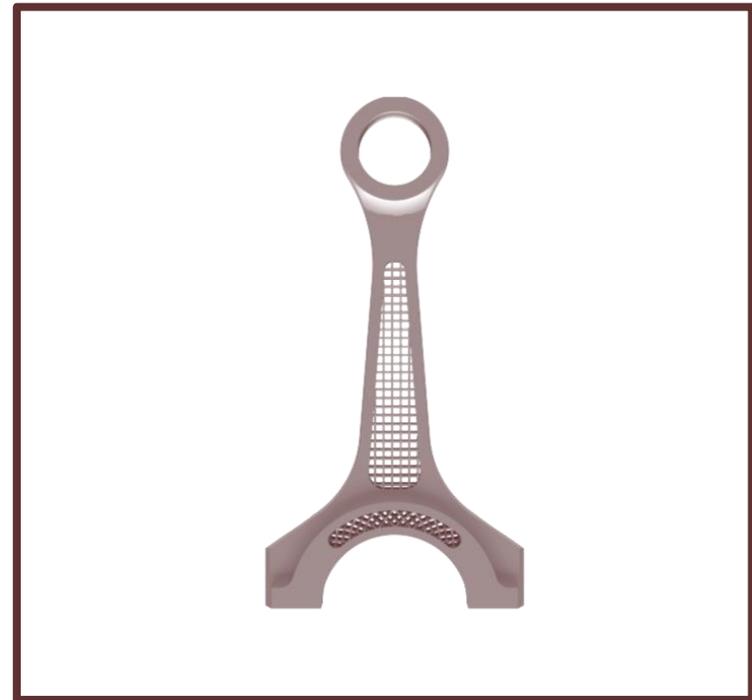
RISCHI DI PROGETTAZIONE

Lo sviluppo di nuovi progetti comporta spesso dei rischi e questo spinge gli ingegneri a essere più prudenti. Gli errori di progettazione che riescono ad oltrepassare la release del progetto possono causare conseguenze disastrose per l'intero sviluppo, e soprattutto per gli ingegneri. Gli ordini di modifica che tornano indietro creano emergenze in piena regola, provocando il caos sotto forma di scarti, rilavorazioni e prototipi falliti. Inoltre, gli errori di progettazione comportano maggiori tempistiche e un maggior dispendio di energia e risorse, provocando ritardi nello sviluppo dei progetti in corso. Il 60% degli intervistati, infatti, da [The Simulation Driven Design Study](#) non ha rispettato le scadenze dei progetti a causa dei prototipi falliti.

CRESCENTE COMPLESSITÀ TECNOLOGICA

Un altro fattore che frena gli ingegneri nel realizzare progetti innovativi è la crescente complessità delle tecnologie integrate nei prodotti di oggi. Le recenti tendenze dell'elettronica, che includono la miniaturizzazione, i requisiti di bassa potenza e la necessità di una maggiore dissipazione di calore, rendono più

difficile soddisfare la domanda sempre crescente di potenza di calcolo nei prodotti. L'enorme diffusione del software solleva problemi di integrazione, poiché tali applicazioni devono funzionare perfettamente con l'hardware elettronico e altri sistemi presenti nei prodotti. Inoltre, con la comparsa dell'Internet of Things (IoT), lo sviluppo si è ulteriormente complicato in quanto le aziende devono capire come equipaggiare i propri prodotti con sensori più adatti, acquisire i dati corretti, trasmettere questi dati nella giusta memoria e intervenire su di essi. Tutto ciò, insieme alla progettazione meccanica, non fa che aumentare la complessità e le difficoltà di integrazione dei sistemi.



COLLABORAZIONE CON MOLTEPLICI STAKEHOLDER

Un altro fattore da considerare è la richiesta da parte degli ingegneri di collaborare maggiormente con diversi stakeholder. Per stare al passo con la concorrenza e non rimanere indietro, i produttori devono continuamente integrare le ultime tecnologie. Di conseguenza, gli ingegneri devono collaborare con gli esperti delle diverse nicchie di mercato. Non è sufficiente, infatti, trovare un progetto che soddisfi i requisiti di forma, idoneità e funzionamento; agli ingegneri è richiesto sempre di più. I prodotti di oggi presentano notevoli vincoli operativi e di business, che incidono sulla soluzione di progettazione. Pertanto, è necessario un feedback da parte di un numero crescente di stakeholder, compresi quelli provenienti da acquisti, fornitori, produzione, clienti e servizi.

BILANCIAMENTO DELLE RESPONSABILITÀ

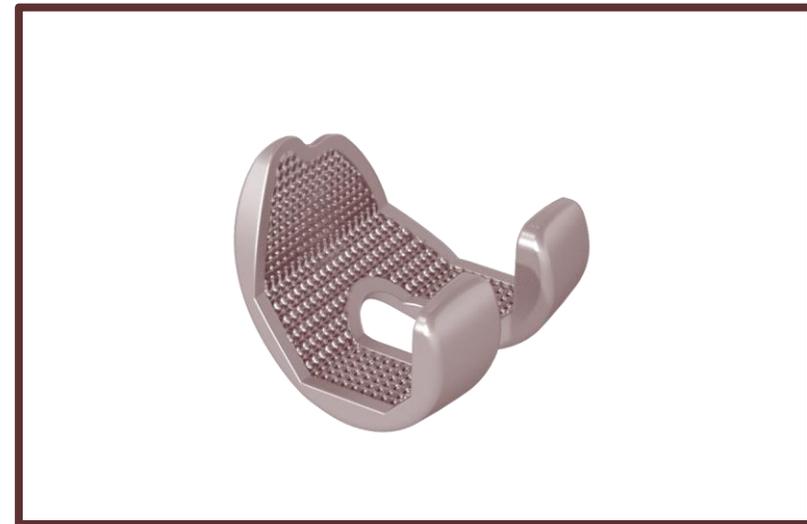
Un fattore che aggrava ulteriormente questi problemi riguarda l'enorme quantità di responsabilità a carico degli ingegneri. Lo studio di Lifecycle Insights [Hardware Design Engineer Study](#) ha quantificato questo problema. Lo studio ha chiesto agli intervistati di selezionare quali, tra tredici responsabilità di progettazione principali ed estese, avevano a carico. In media, a ogni ingegnere corrispondeva un totale di 4,4 responsabilità principali, tra cui la gestione dei requisiti, la previsione delle prestazioni di prodotto ecc. Inoltre, a ogni ingegnere corrispondeva, sempre in media, un totale di 2,9 responsabilità estese, che includevano la gestione dei progetti, la collaborazione con i fornitori e altro ancora. Nel complesso, una media di 7,3 responsabilità a carico di un ingegnere. Prendere decisioni progettuali è *solo una* delle responsabilità.

TEMPISTICHE RIDOTTE

L'ultimo fattore da considerare riguarda le tempistiche sempre più brevi dello sviluppo prodotto. Le pianificazioni a ritmo serrato costringono gli ingegneri ad accettare il primo progetto fattibile che riescono a trovare. Nel peggiore dei casi, questi progetti soddisfano solo marginalmente gli obiettivi del progetto, costringendo le aziende a tralasciare delle opportunità, al fine di ridurre i costi dei prodotti, incrementare le prestazioni o soddisfare appieno le esigenze dei clienti.

CONCETTI CHIAVE

A causa di molteplici fattori, gli ingegneri hanno a disposizione meno tempo per progettare prodotti sempre più complessi. Inoltre, gli errori di progettazione possono implicare gravi conseguenze, sia per l'azienda sia per gli ingegneri stessi. Non sorprende, quindi, che gli ingegneri siano più propensi a sviluppare progetti più conservativi.



IL GENERATIVE DESIGN NEL PROCESSO DI SVILUPPO

Oggi, gli ingegneri sono sottoposti a enormi pressioni che li spingono ad essere più conservatori nei propri progetti. Per contrastare queste pressioni, gli ingegneri hanno bisogno di ampliare le proprie capacità per poter fare di più, anche se, oggi, dispongono di meno risorse che mai. È qui che entra in gioco una nuova tecnologia, il Generative Design.

GENERATIVE DESIGN: DI COSA SI TRATTA?

Il Generative Design è una funzionalità delle applicazioni CAD che genera autonomamente una serie di alternative di progettazione, dato un determinato numero di vincoli. Ciò può essere realizzato senza la guida o l'interazione di un ingegnere, che può dedicarsi ad altre attività e scegliere i progetti da esaminare in maniera più approfondita, una volta completati. Nel complesso, questo permette di accelerare il processo di progettazione senza la supervisione costante di un ingegnere.

Il Generative Design si avvale di funzionalità quali l'ottimizzazione topologica, per eseguire simulazioni strutturali e rimuovere materiale non utile alla resistenza ai carichi. Tuttavia, questo è solo uno degli approcci utilizzati dal Generative Design. È in grado, infatti, di riprodurre comportamenti presenti in natura, come la crescita delle colonie di batteri o l'evoluzione delle strutture ossee per ottimizzare i rapporti resistenza-peso. Questi approcci vengono utilizzati per esplorare lo spazio di progettazione di un nuovo prodotto. È interessante notare, inoltre, come il Generative Design consenta di realizzare progetti che un ingegnere non avrebbe mai considerato, scoprendo opportunità di progettazione completamente nuove.

CONSIDERAZIONI TECNICHE

Iniziare con il Generative Design è abbastanza semplice. L'input è dato da un modello 2D o 3D di Concept Design o progettazione di dettaglio. L'ingegnere, quindi, specifica i vincoli entro i quali il Generative Design può operare, che possono essere condizioni al contorno, come la geometria fissa, o includere vincoli geometrici, ad esempio, per impedire scoperti o conservare una determinata forma geometrica come mantenere un solido cilindrico in una specifica posizione. Dato che il Generative Design utilizza più frequentemente le funzionalità di ottimizzazione topologica che si basano sull'analisi strutturale agli elementi finiti (FEA, Finite Element Analysis), altri elementi di simulazione devono essere definiti come proprietà e carichi dei materiali.

Man mano che il Generative Design procede e il materiale viene rimosso, il software elimina alcuni tra gli elementi che presentano bassi livelli di sollecitazione o deformazione. Dal punto di vista della modellazione, l'output di questo processo è una geometria mesh generata dagli elementi tetraedrici dell'analisi. Poiché il modello è composto interamente da questi elementi, dotati di facce piane, anche le superfici esterne della geometria sono formate da superfici piane. Il risultato prende il nome di geometria mesh e può essere modificato solo attraverso la modellazione a faccette, non mediante modellazione parametrica o diretta.

IL GENERATIVE DESIGN NEL CONCEPT DESIGN

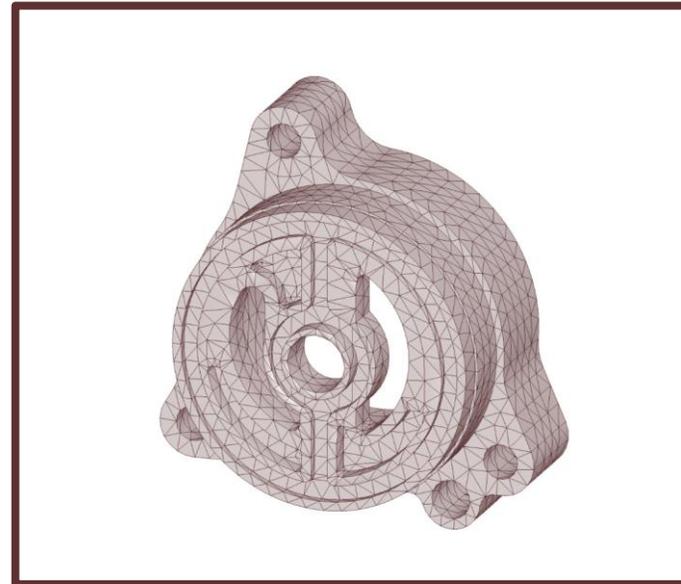
Nel Concept Design, gli ingegneri sviluppano una serie di idee che potrebbero soddisfare potenzialmente i requisiti di forma, idoneità e funzionamento. Per iniziare, cercano progetti che soddisfino al meglio i requisiti. Una volta trovato il primo progetto fattibile, molti ingegneri passano all'aspetto successivo del progetto, al fine di rispettare le scadenze sempre più strette dei programmi di sviluppo. Tuttavia, con questo approccio, si perdono tutte quelle opportunità di individuare progetti che potrebbero soddisfare al meglio i requisiti. Andare oltre il primo progetto fattibile richiede una maggiore esplorazione, sperimentazione e iterazione.

Le rappresentazioni geometriche digitali di questi progetti possono variare in modo significativo. Alcuni si avvalgono di tecniche di progettazione top down per delimitare volumi e spazi per componenti specifici; altri arricchiscono queste idee con schizzi 2D o 3D sviluppati da curve, linee, superfici e altre geometrie semplici. Tuttavia, in questa fase, queste rappresentazioni non sono di solito modelli 3D dettagliati. Questi ultimi sono realizzati durante la progettazione di dettaglio.

Da una prospettiva di sviluppo, il Generative Design può essere ampiamente applicato al Concept Design. In questa fase, gli ingegneri hanno la massima flessibilità di esaminare idee alternative per i prodotti. Possono definire i pochi vincoli presenti e avvalersi del Generative Design per produrre un'ampia varietà di scelte con il minimo sforzo, assumendo quasi un ruolo da manager che revisiona il lavoro del software. Possono anche condurre studi comparativi, confrontando le prestazioni delle varie alternative di progettazione. Ciò, a sua volta, fornisce una visione più approfondita dell'interazione tra le variabili chiave e le prestazioni desiderate. In particolare, queste tecniche possono

essere applicate a schizzi 2D, modelli 3D astratti o disegni dettagliati.

Un punto chiave è che l'output del Generative Design è costituito dalla geometria mesh. Alcune iterazioni su questo progetto approssimato sono utili per verificarne la fattibilità. In questo scenario, l'utilizzo della modellazione a faccette per manipolare direttamente la geometria mesh è estremamente utile, in quanto consente agli ingegneri di evitare lo sforzo necessario per convertirla in rappresentazioni per contorni (B-Rep.) di modellazione parametrica e diretta. Dato che il concept risultante deve fungere da punto di partenza per il resto dello sviluppo, è fondamentale poter trasformare questa rappresentazione a faccette in geometria B-Rep. La funzionalità di modellazione a faccette è applicabile anche in questa fase, dal momento che agevola notevolmente la transizione.



IL GENERATIVE DESIGN NELLA PROGETTAZIONE DI DETTAGLIO

A questo punto dello sviluppo, gli ingegneri, dopo aver esaminato il concept, ne definiscono i dettagli per la release del progetto, verificando che soddisfi i requisiti di forma, idoneità e funzionamento. Ciò richiede loro di esplorare le opzioni per i diversi aspetti del progetto, nel tentativo di migliorarne le prestazioni. Questo è particolarmente utile per gli ingegneri che cercano il giusto equilibrio tra requisiti contrastanti come peso e carico strutturale, costi e frequenze naturali.

In questa fase, la rappresentazione geometrica del progetto è un modello 3D completamente dettagliato. Questi modelli sono spesso realizzati mediante funzionalità di modellazione parametrica e diretta, che si traducono in una geometria arrotondata.

Non fermarsi al primo progetto fattibile permette di individuare opportunità migliori. Effettuare un maggior numero di sperimentazioni su diverse geometrie dettagliate e configurazioni sui parametri di dimensionamento può avere un impatto significativo sulle prestazioni del prodotto, sui costi e sulla producibilità. Come nel Concept Design, più tempo si spende nella sperimentazione di queste variabili e nella tracciabilità dei requisiti soddisfatti, più si ottengono informazioni dettagliate sulle loro relazioni. Ciò consente agli ingegneri di mettere a punto progetti dettagliati in modo da soddisfare al meglio i requisiti.

Da una prospettiva di sviluppo, il Generative Design può essere ampiamente applicato alla progettazione di dettaglio. Gli ingegneri possono applicare la tecnologia in modo creativo ed esteso per valutare approcci alternativi quando aggiungono dettagli al progetto. Il Generative Design, infatti, può talvolta proporre opzioni che un ingegnere non avrebbe mai considerato,

rappresentando uno strumento prezioso per affinare i progetti e trovare il giusto equilibrio tra requisiti contrastanti.

È fondamentale integrare l'output del Generative Design con i modelli della progettazione di dettaglio. Infine, gli ingegneri devono rilasciare questi progetti all'approvvigionamento o alla produzione, per l'acquisto o la produzione di componenti. Questo è il momento in cui la modellazione a faccette può avere un impatto significativo sulla produttività, agevolando la conversione della geometria mesh nella geometria B-Rep.

Tuttavia, la trasformazione della geometria mesh in rappresentazioni B-Rep. potrebbe non essere necessaria in tutti i casi. Gli ingegneri possono decidere di apportare modifiche alla geometria mesh, oppure lasciarla invariata. Questo riguarda in modo particolare le aziende che producono componenti mediante additive manufacturing, basato sulla geometria mesh. In questi casi, l'ingegnere può utilizzare direttamente una stampante 3D.



SOLUZIONE CON DUE APPLICAZIONI

Il Generative Design rappresenta uno strumento incredibilmente potente all'interno del processo di sviluppo. Tuttavia, le tecnologie tradizionali utilizzate per supportarlo, ovvero una coppia di applicazioni software non integrate, impediscono un workflow digitale regolare.

DUE TIPI DI GEOMETRIA, TRE TIPI DI MODELLAZIONE

In generale, la modellazione geometrica tradizionale assume una delle seguenti forme: parametrica o diretta. La modellazione parametrica può essere utilizzata per creare un modello feature-by-feature, mediante controlli dimensionali parametrici. La modellazione diretta, invece, modifica la geometria esistente spingendo, tirando e trascinando il modello. Entrambi questi approcci di modellazione funzionano con rappresentazioni B-Rep., in cui la geometria è rappresentata da superfici continue piane o curve.

La geometria mesh, al contrario, è costituita da una nuvola di punti che rappresentano la superficie esterna di un progetto. Alcune applicazioni CAD la convertono in una geometria solida, creando triangoli o trapezi piani e cucendoli insieme in un solido perfetto. La modellazione a faccette consente agli ingegneri di migliorare la qualità della mesh risultante e modificarne la geometria, aggiungendo o rimuovendo materiale.

Come visto in precedenza, ci sono casi in cui gli ingegneri devono sviluppare una geometria arrotondata, oltre a una geometria mesh. Nel Concept Design, gli ingegneri devono lavorare con schizzi e spazi designati, nonché con la geometria mesh dei componenti scansionati. Nella progettazione di dettaglio, invece, devono creare modelli 3D dettagliati tenendo conto della geometria mesh.

SOLUZIONE CON DUE APPLICAZIONI

Le applicazioni CAD tradizionali, utilizzate per la realizzazione di modelli 3D e altri elementi, utilizzano spesso una combinazione di modellazione parametrica e diretta, entrambe aventi come risultato rappresentazioni B-Rep. Questa potente combinazione di strumenti di modellazione può essere utilizzata in modo semplice e veloce per sviluppare concept e progetti dettagliati, nonché per produrre componenti fisici. Purtroppo, però, solo in pochi offrono la modellazione a faccette insieme alle funzionalità convenzionali.

Poiché la maggior parte delle applicazioni CAD non è in grado di operare con la geometria mesh, gli ingegneri devono considerare altre soluzioni. Alcune applicazioni speciali stand-alone, in genere quelle che offrono l'hardware per i laser scanner, forniscono un'applicazione simile al CAD che include la modellazione a faccette. Teoricamente, gli ingegneri possono utilizzare insieme sia le applicazioni CAD tradizionali che queste applicazioni speciali simili al CAD. Tuttavia, questo scenario presenta numerosi svantaggi.

MANCANZA DI UN AMBIENTE UNICO

Ci sono molti casi, nelle fasi di Concept Design e progettazione di dettaglio, in cui gli ingegneri necessitano di combinare la modellazione parametrica, diretta e a faccette in modo **intercambiabile**. Ad esempio, un utente potrebbe lavorare sui dati a faccette, creare una feature parametrica, quindi apportare modifiche avvalendosi della modellazione diretta, prima di utilizzare nuovamente la modellazione a faccette. Se queste tre funzionalità non sono integrate in una singola applicazione software, i progettisti e gli ingegneri non possono completare questo tipo di workflow; ma devono trovare un modo per spostare i dati di progettazione tra l'applicazione CAD tradizionale e l'applicazione simile al CAD.

SCAMBIO DEI DATI DI PROGETTAZIONE

Se si ha già familiarità con lo scambio di geometria tra le applicazioni CAD, allora si conoscono anche i problemi che questa operazione può generare. Lo spostamento di un modello da un software all'altro spesso comporta il disallineamento o la perdita di superfici, linee o punti. Questo causa una "rottura" del modello, perché non rappresenta più il progetto, e gli ingegneri devono risolvere questo tipo di problema ogni volta che la geometria passa da un software all'altro.

Lo stesso vale per lo spostamento continuo della geometria tra le applicazioni CAD tradizionali e le applicazioni speciali simili al CAD. Questo passaggio è soggetto agli stessi problemi e implica una maggiore perdita di tempo per gli ingegneri e possibili interruzioni nello sviluppo del progetto.

CONCETTI CHIAVE

Per avvalersi del Generative Design, gli ingegneri possono utilizzare insieme applicazioni CAD tradizionali e applicazioni speciali simili al CAD, ma non senza attriti significativi all'interno del workflow digitale. Inoltre, questo approccio non permette di utilizzare la modellazione parametrica, diretta e a faccette in modo intercambiabile, limitando la libertà di progettazione e implicando una notevole quantità di tempo per correggere i dati di progettazione scambiati tra le due applicazioni software. Mentre il Generative Design presenta notevoli vantaggi per lo sviluppo, la sua applicabilità può essere compromessa dall'utilizzo di due applicazioni software diverse, il che richiede un notevole dispendio in termini di tempo ed energie.

SOLUZIONE CON SINGOLA APPLICAZIONE

Nell'ultimo anno, le funzionalità di alcune applicazioni CAD sono state ampliate per includere la modellazione parametrica, diretta e a faccette, con conseguenti sviluppi significativi per il Generative Design.

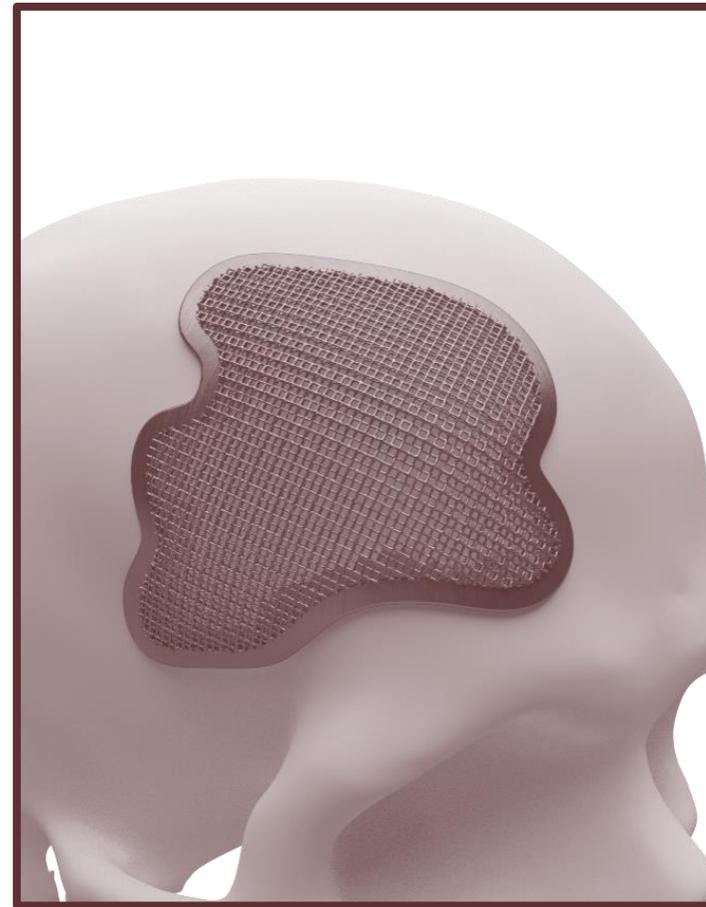
Quando gli ingegneri devono creare la rappresentazione per contorni dai risultati del Generative Design, il workflow ne risulta agevolato. Con tutte le funzionalità di modellazione integrate in un unico ambiente, gli ingegneri hanno sempre accesso allo strumento giusto per le varie situazioni.

Inoltre, gli ingegneri non devono necessariamente trasformare i progetti realizzati mediante Generative Design in rappresentazioni B-Rep. La modellazione a faccette fornisce gli strumenti necessari per modificare il progetto senza passaggi extra che richiederebbero più tempo. Questo riguarda in modo particolare i componenti realizzati con la stampa 3D, che dipende già dalla geometria mesh.

Un importante aspetto di questi scenari riguarda le attività che le applicazioni CAD di nuova generazione consentono di evitare, ovvero: *lo scambio dei dati di progettazione*. Poiché tutte queste funzionalità sono presenti in un singolo ambiente, non è necessario spostare i dati 3D, la geometria mesh o B-Rep. tra applicazioni software diverse. Tutto il lavoro può essere svolto in un unico ambiente, permettendo agli ingegneri di non perdere tempo nel riparare la geometria ma di concentrarsi sui progetti.

Nel complesso, l'integrazione della modellazione a faccette con la modellazione parametrica e diretta offre un notevole vantaggio per quegli ingegneri che desiderano avvalersi del Generative Design all'intero dei propri processi di sviluppo. Elimina, inoltre, la

maggior parte degli attriti all'interno del workflow, consentendo agli ingegneri di focalizzarsi sulla progettazione.



RIEPILOGO E CONCLUSIONI

Oggi, gli ingegneri sono sottoposti a enormi pressioni nelle fasi di sviluppo. Il lavoro di progettazione è spesso compromesso, poiché gli errori possono causare enormi ritardi nei progetti. Tecnologie sempre più complesse sono integrate nei prodotti; le collaborazioni con i fornitori aumentano e le tempistiche si accorciano di giorno in giorno. In un tale contesto e con una miriade di responsabilità, spesso gli ingegneri hanno solo il tempo di trovare la prima opzione fattibile, invece di quella migliore.

GENERATIVE DESIGN NELLO SVILUPPO

Il Generative Design è una funzionalità delle applicazioni CAD che genera autonomamente una serie di alternative di progettazione, dato un determinato numero di vincoli. Una volta completati, gli ingegneri possono scegliere i progetti da esaminare in maniera più approfondita. Questo permette di accelerare il processo di progettazione senza la supervisione costante di un ingegnere. L'output del Generative Design è costituito dalla geometria mesh, che può essere manipolata solo attraverso la modellazione a faccette. Ciò è particolarmente rilevante, considerando che il progetto risultante dovrà essere utilizzato per tutto il processo di sviluppo.

Il Generative Design offre vantaggi significativi nella fase di Concept Design. Gli ingegneri possono utilizzarlo per esplorare un'ampia gamma di alternative di progettazione nelle fasi iniziali, quando i requisiti sono più flessibili. Nella progettazione di dettaglio, il Generative Design consente agli ingegneri di mettere a punto i progetti, in modo da trovare il giusto equilibrio tra requisiti contrastanti come peso e carico strutturale, costi e frequenze naturali.

SOLUZIONI TECNOLOGICHE

Le applicazioni CAD tradizionali, utilizzate per la realizzazione di modelli 3D e altri elementi, utilizzano spesso una combinazione di modellazione parametrica e diretta, ma sono prive della modellazione a faccette. Poiché la maggior parte delle applicazioni CAD non è in grado di operare con la geometria mesh, gli ingegneri devono considerare le applicazioni speciali stand-alone, che includono la modellazione a faccette. Gli ingegneri possono utilizzare queste due applicazioni insieme, ma non in modo intercambiabile e devono gestire i problemi relativi alla conversione dei dati. In alternativa, alcune applicazioni CAD hanno ampliato le proprie funzionalità per includere la modellazione parametrica, diretta e a faccette all'interno di un singolo ambiente. Queste soluzioni consentono agli ingegneri di evitare i problemi associati all'utilizzo di due applicazioni diverse.

IN CONCLUSIONE

Il Generative Design offre un modo efficace per ampliare le capacità degli ingegneri di oggi. Questa opportunità, tuttavia, può essere compromessa dalle criticità derivanti dall'utilizzo di due applicazioni diverse per la modellazione. Al contrario, le applicazioni CAD che offrono la modellazione parametrica, diretta e a faccette consentono agli ingegneri di sfruttare appieno il potenziale del Generative Design.

© 2017 LC-Insights LLC.



Chad Jackson lavora come analista, ricercatore e blogger presso [Lifecycle Insights](https://www.lifecycleanalyst.com), offrendo approfondimenti su tecnologie di progettazione e sviluppo, come CAD, CAE, PDM & PLM. chad.jackson@lifecycleanalyst.com.