



Categoria de servicii: *WP 3. Servicii de dezvoltare a competențelor și de formare profesională (Skills Development and Training Services)*

Subcategoria de servicii: *Sesiuni de instruire pe soluții digitale avansate (Training sessions on high performance digital solutions)*

SESIUNE DE INSTRUIRE PENTRU MODELARE 3D ȘI ADITIVE MANUFACTURING

Introducere în Modelarea CAD și 3D Printing

Parteneri WEH: *Universitatea Spiru Haret*

Trainer de coordonare a transformării digitale:

Andronie Mihai



CUPRINS

CUPRINS.....	2
INTRODUCERE	3
1. MODELAREA 3D.....	3
1.1. Cadru general cu privire la modelarea 3D	3
1.2. Proiectarea asistată de calculator (Computer Aided Design - CAD).....	4
Prezentarea conceptului de CAD	4
Beneficii ale utilizării CAD	5
Posibilități și beneficii ale utilizării CAD în industria de producție a mobilei	6
1.3. Introducere în Fusion 360	9
1.4. Opțiuni de instalare Fusion 360	10
2. PROCESUL DE IMPRIMARE 3D	11
2.1. Cum Funcționează o Imprimantă 3D?	11
2.2. Materiale utilizate pentru imprimarea 3D	13
EXERCIȚII PRACTICE, PROIECTE ȘI ÎNTREBĂRI.....	16
Exerciții Practice:.....	16
Proiecte:	16
Întrebări Frecvente și Soluționarea Problemelor	17
RESURSE ȘI COMUNITĂȚI DE SUPORT.....	18
Resurse Online	18
Cursuri și Workshop-uri.....	18
Materiale Didactice	19
BIBLIOGRAFIE	20



INTRODUCERE

Materialul de față își propune să acopere noțiunile introductive cu privire la utilizarea tehnologiilor *Additive manufacturing*, de la faza de modelare 3D cu ajutorul unor programe specializate, până la printarea cu ajutorul unor imprimante 3D.

Materialul are două secțiuni, prima fiind dedicată procesului de modelare 3D, cu ajutorul programelor specializate, prezentând cu precădere programul *Fusion 360* produs de către *Autodesk*. Sunt prezentate noțiunile de bază privind modelarea în *Autodesk Fusion 360* cu principiile care trebuie să fie urmate.

În cea de-a doua parte a acestui material sunt prezentate noțiunile introductive cu privire la procesul de imprimare 3D a unui model realizat cu ajutorul unui program dedicat pentru generarea codului necesar pentru imprimarea 3D (3D slicing). Tot în această secțiune se discută și despre principalele tipuri de imprimante 3D, cu avantajele și dezavantajele acestora, precum și despre materialele cu care se poate printa 3D.

Prezentul materializat este particularizat pentru domeniul de activitate producția de mobilă, fiind prezentate avantajele utilizării tehnologiilor de modelare 3D și *Additive manufacturing* pentru IMM-urile care activează în această zonă.

1. MODELAREA 3D,

1.1. Cadru general cu privire la modelarea 3D

Modelarea 3D reprezintă prima etapă necesară pentru a desfășura un proces de tipărire 3D, aceasta constând în fapt în „desenarea” de către proiectant a obiectului care se dorește a fi printat prin intermediul unui program specializat, astfel încât ulterior obiectul virtual să poată fi convertit într-un limbaj accesibil imprimantei 3D și, din „obiect virtual” să devină „obiect fizic”.

„Modelarea 3D este o metodă de creare a obiectelor tridimensionale utilizând software specializat. Această metodă implică crearea de forme tridimensionale dintr-o varietate de obiecte, inclusiv poligoane, curbe și suprafețe. Modelarea 3D este utilizată în multe domenii, cum ar fi designul de produse, arhitectură, animație, jocuri video și multe altele. Utilizând modelarea 3D, designerii pot vizualiza obiectele din orice unghi și pot testa diferite variante de design înainte de a le pune în producție” [1].



Procesul de modelare 3D face parte din categoria mai generală a proiectării asistate de calculator (Computer Aided Design – CAD), motiv pentru care considerăm că este important ca, înainte de a prezenta cum se realizează practic procesul de modelare 3D să fie prezentat mai în detaliu conceptul de proiectare asistată de calculator (CAD), cu avantajele pe care le aduce.

1.2. Proiectarea asistată de calculator (Computer Aided Design - CAD)

Prezentarea conceptului de CAD

Proiectarea Asistată de Calculator (CAD) se referă la utilizarea tehnologiei computerizate pentru a ajuta în procesul de proiectare și documentare a unui produs. CAD implică utilizarea software-urilor specializate pentru a crea modele digitale precise ale obiectelor, structurilor și sistemelor, în două sau trei dimensiuni. Aceste modele sunt utilizate pentru a simula, analiza și optimiza designul înainte de producție. „Computer-Aided Design (CAD) se referă la utilizarea computerelor pentru a crea reprezentări grafice ale obiectelor fizice care urmează să fie utilizate în procesul de proiectare. Sistemele CAD sunt utilizate pe scară largă în industriile de producție pentru a crea modele pentru o varietate de produse” [2].

CAD este o tehnologie esențială în domeniul proiectării și dezvoltării de produse și structuri. Prin utilizarea sa, inginerii și designerii pot crea modele precise, pot analiza și optimiza designul și pot comunica mai eficient ideile lor. Sistemului CAD are mai multe componente: software-ul CAD, hardware-ul și datele de intrare și ieșire.

Software-ul CAD este componenta centrală a sistemului CAD care oferă instrumentele necesare pentru crearea, modificarea și analizarea modelelor digitale tridimensionale (3D) sau bidimensionale fiind programul informatic principal utilizat pentru crearea și manipularea modelelor. Există o varietate de software-uri CAD disponibile, fiecare cu setul său specific de caracteristici și funcționalități. Majoritatea software-urilor CAD au o interfață utilizator grafică intuitivă, care permite utilizatorilor să interacționeze cu modelele lor printr-un mediu vizual. Pe lângă funcțiile de editare și manipulare pentru crearea de modele 2D și 3D, există Software CAD cu funcții de analiză și simulare care permit utilizatorilor să evalueze performanța și comportamentul modelelor lor în diferite condiții de funcționare.

Hardware-ul necesar pentru CAD este reprezentat de calculatoarele și dispozitivele periferice: mouse-ul, tastatura, stilouri și tablete grafice care sunt utilizate pentru a rula software-ul CAD și pentru a interacționa cu modelele digitale. Dispozitive de ieșire precum imprimante, plottere, dispozitive de vizualizare 3D - ochelari de realitate virtuală, discuri rigide (HDD), unități cu stare solidă (SSD) pentru stocarea datelor și diferite soluții de backup pentru a proteja împotriva pierderii datelor, inclusiv backup local pe discuri externe sau servere/ backup în cloud.



Datele de intrare în sistemul CAD reprezintă informațiile și resursele folosite pentru a crea, modifica sau analiza modelele digitale tridimensionale (3D) sau bidimensionale (2D). Aceste date pot fi diverse și pot proveni din diferite surse: desene preliminare, măsurători și dimensiuni, fișiere și formate de date, fotografiile, imagini, date de scanare 3D. Importante sunt și informațiile de context, cum ar fi cerințele de proiectare, specificațiile materialelor, informațiile de fabricație sau restricțiile de mediu, pot influența procesul de proiectare și pot fi considerate ca date de intrare în CAD. Datele de intrare în CAD trebuie să fie precise, complete și relevante pentru a asigura că modelele digitale create sunt fidele obiectelor sau structurilor pe care le reprezintă și sunt în concordanță cu solicitările clienților.

Ieșirile din CAD, pe de altă parte, reprezintă rezultatele sau produsele procesului de proiectare și modelare. Acestea pot include: modele digitale 2D și 3D însoțite de detalii tehnice, desene tehnice și planuri, listele de materiale conțin informații detaliate despre componentele și materialele necesare pentru fabricarea sau asamblarea produselor, simulări și analize prezente în fișiere și formate de date de export.

Dintre funcțiile avansate ale sistemelor CAD se pot aminti:

- Gestionarea Datelor și Colaborarea: Software-ul CAD poate include și funcții pentru gestionarea datelor de proiect, cum ar fi versionarea, controlul modificărilor și gestionarea configurării.
- De asemenea, unele software-uri CAD facilitează colaborarea între membrii echipei de proiectare prin intermediul funcțiilor de partajare și comentarii.
- Compatibilitate și Interoperabilitate: Majoritatea software-urilor CAD sunt compatibile cu formate de fișiere standard, cum ar fi DWG, DXF, STEP, IGES, STL și altele, permițând schimbul de date între diferite aplicații CAD.
- Interoperabilitatea cu alte software-uri, cum ar fi software-urile de simulare, de fabricație asistată de calculator (CAM) sau de gestionare a ciclului de viață al produsului (PLM), poate fi, de asemenea, importantă pentru fluxurile de lucru complexe.
- Personalizare și Extensibilitate: Unele software-uri CAD oferă posibilități avansate de personalizare, permițând utilizatorilor să creeze macrocomenzi, scripturi sau aplicații personalizate pentru a automatiza sarcinile repetitive sau pentru a extinde funcționalitățile software-ului.

Beneficii ale utilizării CAD

Beneficiile utilizării CAD provin din îmbunătățirea eficienței și calității procesului de proiectare prin automatizarea și simplificarea sarcinilor complexe. Prin tehnologia de proiectare asistată de calculator se pot crea modele precise și detaliate, care pot fi prezentate clienților, discutate cu aceștia și modificate rapid în funcție de necesități, oferind avantaje precum:



- Precizie și acuratețe - deoarece modelele sunt extrem de precise, reducând erorile umane și asigurând exactitatea dimensiunilor și a proporțiilor;
- Productivitate crescută - prin realizarea mai multor variante de design într-un timp scurt deoarece folosește instrumente automate și funcții de simulare care accelerează procesul de proiectare; de asemenea trebuie menționat că la creșterea productivității poate contribui și reutilizarea unor modele deja create;
- Vizualizare și simulare - permit evaluarea produsului proiectat în condiții realiste de utilizare – se pot crea diferite condiții de iluminare, se poate realiza verificarea estetică și funcțională și, în cazul în care este necesar, se poate îmbunătăți mult mai ușor produsul, fără costuri suplimentare, conducând la reducerea timpului de proiectare/ dezvoltare, și crearea de posibilități de identificare și corectare a defectelor pentru optimizarea produsului și reducerea riscului de eșec;
- Colaborare și comunicare – se poate realiza prin partajarea facilă a fișierelor și documentației în format electronic, prin accesarea și modificarea modelelor și a desenelor de diferiți utilizatori, indiferent de locația acestora;
- Documentare și arhivare prin păstrarea facilă, în format electronic, a documentației detaliate a fiecărui proiect, incluzând schițe, desene tehnice și specificații.
- Flexibilitate și modificare - deoarece modelele CAD pot fi ușor modificate și ajustate în funcție de cerințele clienților care se pot schimba în timp; CAD oferă flexibilitate și posibilități de optimizare a designului;
- Integrare cu Alte Procese - CAD se integrează perfect cu alte procese, cum ar fi fabricația asistată de calculator (CAM) și managementul ciclului de viață al produsului (PLM), facilitând astfel un flux de lucru continuu și eficient, de la conceptul inițial până la producția finală.

Proiectarea Asistată de Calculator este o componentă vitală a industriei moderne de proiectare și inginerie, oferind beneficii semnificative. Utilizarea CAD permite companiilor să dezvolte produse mai complexe și mai performante într-un timp redus și cu costuri mai mici. Aceasta asigură nu doar o calitate superioară a produselor, ci și o documentație completă și precisă. În plus, CAD îmbunătățește considerabil eficiența procesului de proiectare, facilitând modificările rapide și optimizarea designului.

Posibilități și beneficii ale utilizării CAD în industria de producție a mobilei

Importanța CAD în industria de producție a mobilei este dată de faptul că deschide noi posibilități cu privire la unele aspecte cum ar fi îmbunătățirea proceselor desfășurate, creșterea satisfacției clienților și îmbunătățirea activităților de management.



Tehnologiile CAD sunt esențiale în domeniul fabricării mobilei pentru a optimiza procesele de proiectare, producție și comercializare, contribuind la creșterea eficienței, calității și satisfacției clienților.

Din punct de vedere a proceselor din această industrie importanța CAD în domeniul fabricării mobilei este crucială în următoarele aspecte:

- *Proiectare eficientă și personalizată:* CAD-ul permite designerilor de mobilier să creeze și să modifice rapid modele digitale în conformitate cu cerințele și preferințele clientului. Această capacitate de personalizare oferă clienților posibilitatea de a-și configura mobilierul în funcție de spațiul și gusturile lor individuale.
- *Optimizarea utilizării materialelor:* Software-ul CAD permite proiectanților să optimizeze design-ul pentru a minimiza pierderile de material și a maximiza eficiența în utilizarea resurselor. Acest lucru contribuie la reducerea costurilor de producție și la creșterea rentabilității.
- *Simulări și analize avansate:* CAD-ul permite realizarea de simulări și analize pentru a evalua comportamentul și performanța structurilor de mobilier înainte de fabricație. Aceste analize pot include rezistența la sarcini, distribuția tensiunilor sau compatibilitatea cu medii specifice.
- *Eficiență în producție:* Integrarea CAD cu sistemele CAM permite o tranziție fluidă de la proiectare la producție. Această integrare permite generarea automată a programelor CNC pentru mașinile de tăiere și prelucrare, reducând timpul de pregătire și erorile umane.
- *Flexibilitate în schimbare și iterație:* CAD-ul oferă o platformă flexibilă pentru efectuarea de modificări și iterații asupra design-ului. Acest lucru permite utilizatorilor să răspundă rapid la cerințele și feedback-ul clienților, reducând timpul de livrare și crescând satisfacția acestora.

Din punct de vedere al clienților utilizarea CAD în domeniul fabricării mobilei are următoarele implicații care duc la creșterea satisfacției acestora și la consolidarea relației dintre producători și consumatori:

- *Personalizare și adaptabilitate:* tehnologiile CAD permit clienților să-și personalizeze mobilierul în funcție de preferințele lor individuale. Ei pot alege dimensiunile, culorile, materialele și stilurile care se potrivesc cel mai bine spațiului lor și gusturilor lor personale.
- *Vizualizare Realistă:* Cu ajutorul vizualizărilor 3D generate de CAD, clienții pot vedea exact cum va arăta mobilierul în spațiul lor înainte de a face o achiziție. Acest lucru le



- oferă încredere în deciziile lor și îi ajută să evite surprizele neplăcute în ceea ce privește aspectul și dimensiunile mobilierului.
- *Calitate și precizie:* Folosirea CAD-ului în procesul de proiectare și producție asigură o calitate și o precizie superioară a mobilierului. Modelele digitale sunt create cu o mare atenție la detalii și sunt transmise direct mașinilor de producție, reducând astfel riscul de erori umane sau discrepante în produsul final.
- *Eficiență și timp de livrare redus:* tehnologiile CAD permit producătorilor să dezvolte și să producă mobilier mai rapid și mai eficient. Procesele automate și optimizate conduc la reducerea timpului de producție, iar clienții pot primi mobilierul lor mai repede, fără a sacrifica calitatea sau personalizarea.
- *Economii de costuri:* Utilizarea CAD-ului poate duce la economii semnificative de costuri pentru clienți. Optimizarea utilizării materialelor și procesele eficiente de producție pot reduce prețurile produselor, făcând mobilierul personalizat și de înaltă calitate mai accesibil pentru o gamă mai largă de clienți.

Folosirea software-ului CAD permite IMM-urilor din domeniul designului și producției de mobilier să ofere clienților lor soluții personalizate, design-uri mai rapide și mai precise, reducând costurile de dezvoltare și oferind o experiență de cumpărare mai satisfăcătoare.

Utilizarea CAD în fabricarea mobilei aduce o serie de avantaje pentru managementul unei astfel de afaceri:

- *Eficiență operațională:* CAD-ul permite optimizarea proceselor de proiectare și producție, ceea ce duce la o eficiență operațională crescută. Proiectarea și dezvoltarea pot fi realizate mai rapid și cu mai puține resurse, iar producția poate fi gestionată mai eficient pentru a reduce timpii morți și a îmbunătăți fluxul de lucru.
- *Reducerea erorilor și a riscurilor:* Utilizarea CAD-ului înseamnă că design-ul este digitalizat și transmis direct mașinilor de producție, eliminând riscul de erori umane în procesul de fabricație. Acest lucru reduce pierderile de materiale și costurile asociate defectelor și reparațiilor ulterioare.
- *Gestionarea resurselor și a stocurilor:* Software-ul CAD poate fi integrat cu sistemele de gestionare a stocurilor și a resurselor, facilitând urmărirea și gestionarea materialelor și a echipamentelor necesare pentru producție. Acest lucru ajută la optimizarea inventarului și la reducerea risipei.
- *Analiză și luare a deciziilor informate:* CAD-ul oferă o gamă largă de instrumente de analiză și simulare, care permit managementului să evalueze diferite scenarii și să ia decizii informate în ceea ce privește proiectele și operațiunile. De exemplu, pot fi



- efectuate analize de rentabilitate sau de optimizare a proceselor pentru a identifica oportunități de îmbunătățire a eficienței și a profitabilității.
- *Gestionarea proiectelor și a ciclului de viață al produsului:* CAD-ul facilitează gestionarea proiectelor și a ciclului de viață al produsului, oferind o vedere cuprinzătoare a stadiilor de dezvoltare și producție. Acest lucru permite managementului să monitorizeze și să gestioneze proiectele mai eficient, asigurând respectarea termenelor limită și a bugetelor.
- *Inovare și competitivitate:* Utilizarea CAD-ului încurajează inovarea și creativitatea în proiectare și producție, ceea ce poate oferi un avantaj competitiv pe piață. Managementul poate încuraja și susține echipa de proiectare în dezvoltarea de produse noi și inovatoare care să răspundă nevoilor și preferințelor clienților.

În concluzie, utilizarea CAD-ului în fabricarea mobilei aduce o serie de avantaje pentru management, inclusiv eficiență operațională crescută, reducerea erorilor și a riscurilor, gestionarea eficientă a resurselor, analiză și luare a deciziilor informate, gestionarea proiectelor și a ciclului de viață al produsului, și stimularea inovării și a competitivității în industrie.

1.3. Introducere în Fusion 360

Fusion 360 este o platformă de proiectare și fabricație digitală care integrează CAD, CAM și CAE într-un singur mediu colaborativ și accesibil în cloud. Creat de către Autodesk, Fusion 360 este proiectat pentru a oferi unelte puternice și ușor de folosit pentru proiectanți, ingineri și fabricanți, indiferent de nivelul lor de experiență.

Principalele Caracteristici:

Modelare 3D: Fusion 360 oferă instrumente puternice pentru modelarea 3D, permițând utilizatorilor să creeze forme complexe și detaliate cu ușurință.

- *Simulare și analiză:* Platforma include funcționalități avansate de simulare și analiză, cum ar fi analiza tensiunilor, analiza fluxului fluidelor și simularea mișcării, pentru a evalua performanța și comportamentul modelelor.



- *Generarea de desene tehnice*: Fusion 360 permite generarea automată a desenelor tehnice detaliate, inclusiv vederi de ansamblu, secțiuni transversale și liste de materiale, pentru a facilita fabricația și asamblarea.
- *Fabricație asistată de calculator (CAM)*: Integrarea CAM în Fusion 360 permite generarea automată a traiectoriilor de tăiere și prelucrare pentru mașinile CNC, simplificând procesul de fabricație.
- *Imprimare 3D*: Fusion 360 este integrat cu facilități de imprimare 3D, permițând utilizatorilor să creeze, să modifice și să pregătească modele pentru imprimare 3D într-un mod simplu și eficient.
- *Colaborare și gestionarea datelor*: Platforma facilitează colaborarea între membrii echipei de proiectare și permite gestionarea centralizată a datelor și a versiunilor proiectelor.

Beneficiile Utilizării Fusion 360:

- *Accesibilitate*: Fusion 360 este disponibil ca serviciu în cloud, oferind utilizatorilor acces la proiectele lor de pe orice dispozitiv conectat la internet.
- *Flexibilitate*: Cu Fusion 360, utilizatorii pot lucra la proiecte de oriunde și în orice moment, și pot colabora cu colegii lor în timp real.
- *Eficiență*: Integrarea CAD, CAM și CAE într-un singur mediu permite utilizatorilor să-și completeze întregul proces de proiectare și fabricație într-un singur loc, reducând timpul și efortul necesar pentru a trece între diferite aplicații.

Fusion 360 este o soluție completă și integrată pentru proiectarea și fabricația digitală, care aduce împreună toate uneltele și funcționalitățile necesare pentru a transforma ideile în realitate. Cu o interfață ușor de folosit, funcționalități puternice și o gamă largă de facilități, Fusion 360 este alegerea perfectă pentru proiectanții și fabricanții de astăzi.

1.4. Opțiuni de instalare Fusion 360

Fusion 360 este un produs de modelare 3D comercial care poate fi utilizat după cum urmează:

- Varianta cu licență contra cost, cu toate funcționalitățile – 680 USD/ an;
- Varianta educațională – gratuită pentru educatori și instituții de învățământ – cu toate funcționalitățile;
- Varianta pentru uz personal – gratuită – cu funcționalități limitate;
- Varianta *trial* valabilă pentru 30 de zile.



2. PROCESUL DE IMPRIMARE 3D

Imprimantele 3D reprezintă o revoluție în industria fabricației, oferind posibilitatea de a transforma modelele digitale în obiecte fizice tridimensionale, cu ajutorul unor tehnici avansate de adăugare de material straturi cu straturi.

Toate imprimantele 3D încep pornesc de la un model CAD care este trimis mai departe către un software de stabilire a principalilor parametri de printare (slicer) care, în funcție de parametrii stabiliți și de materialul cu care se printează, generează un cod mașină cu comenzile concrete pentru a realiza modelul respectiv (gcode). După printare, piesele sunt îndepărtate din imprimantă și pot fi post-procesate pentru aplicația specifică.

2.1. Cum Funcționează o Imprimantă 3D?

Imprimantele 3D utilizează o gamă variată de tehnologii și materiale pentru a produce obiecte tridimensionale. Principiul de bază implică crearea unui model digital 3D folosind software CAD, care este apoi transformat în instrucțiuni specifice de imprimare (G-code) și trimis la imprimantă.

Până în prezent au fost concepute și dezvoltate mai multe tehnologii de imprimare 3D, cu principii de funcționare diferite și care printează cu materiale diferite. Fiecare din aceste tehnologii s-au concretizat prin apariția unor imprimante 3D, fiecare din aceste tipuri având avantaje și dezavantaje. Cele mai comune tipuri de imprimante 3D sunt prezentate în continuare:

- *Depunerea de Material Fuzionat (FDM)*: Această tehnologie utilizează un filament termoplastice care este topit și extrudat printr-o duză pentru a construi obiectul strat cu strat.
 - ❖ Avantaje: simplitatea construcției, cost de producție redus, versatilitate, posibilitatea de a printa cu mai multe materiale și mai multe culori; disponibilitatea pe piață a unui număr mare de imprimante la prețuri competitive.
 - ❖ Dezavantaje: dificil de realizat anumite forme complexe, timp lent de producție, rezoluție limitată.



- *Sinterizarea Selectivă cu Laser (SLS)*: Această metodă folosește un laser pentru a topi și a solidifica pulberi de plastic sau metal pentru a forma obiectul.
 - ❖ Avantaje: Rezistență bună a pieselor produse, nu necesită suporturi pentru piesele cu părți suspendate, posibilitatea de a crea forme complexe, varietate de materiale;
 - ❖ Dezavantaje: timp lent de producție, rezoluție limitată, posibilitatea de a printa doar cu o singură culoare.

- *StereoLithography (SLA)*: Această tehnologie folosește un laser UV pentru a solidifica un lichid fotosensibil strat cu strat pentru a crea obiectul dorit.
 - ❖ Avantaje: Rezoluție excelentă a pieselor produse, nu necesită suporturi pentru piesele cu părți suspendate, posibilitatea de a crea forme complexe, printare rapidă;
 - ❖ Dezavantaje: necesită post-procesare cu substanțe chimice (unele dintre ele toxice); dimensiuni reduse ale capacității de printare, cost mai ridicat comparativ cu alte tehnologii.



2.2. Materiale utilizate pentru imprimarea 3D

În cazul imprimantelor 3D există posibilitatea de a printa obiecte cu proprietăți diferite prin utilizarea de materiale diferite, cu caracteristici și culori diferite. Materialele cu care printează o imprimantă 3D vin sub diferite diferite forma în funcție de tehnologia utilizată.

Astfel în cazul imprimantelor FDM materialele cu care se printează vin sub forma unor filamente cu diametru de 1,75 sau 3 mm. În funcție de producătorul imprimantei sa va alege și dimensiunea corespunzătoare a filamentului. În general filamentele pentru imprimante FDM se cumpără sub formă de role cu preț/kg care variază în funcție de material. Printre cele mai utilizate materiale cu care se poate printa cu o imprimantă FDM se numără:

- PLA (Polylactic Acid)
 - ❖ Avantaje – disponibilitate (Este unul din primele materiale utilizate pentru imprimarea 3D), cost redus, ușurință la printare, există culori variate, este biodegradabil, calitate bună a printării, nu produce gaze toxice în timpul printării;
 - ❖ Dezavantaje – rezistență limitată comparativ cu alte materiale, sensibilitate la temperatură, rezistență scăzută în exterior, posibilități imitate pentru post-procesare;
- PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol)
 - ❖ Avantaje – disponibilitate, cost redus, ușurință la printare, există culori variate, flexibilitate, rezistență bună, nu produce gaze toxice în timpul printării;
 - ❖ Dezavantaje – este material higroscopic (trebuie păstrat uscat pentru o bună calitate a printării), uneori dificil de printat (așos);
- ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) – materialul din care sunt produse piesele Lego
 - ❖ Avantaje – disponibilitate; rezistență bună mecanică, la factorii de mediu, la temperatură; culori variate;
 - ❖ Dezavantaje – dificil de printat pe imprimante cu cameră deschisă, produce gaze la printare, solubil în acetonă, necesită imprimantă cu pat încălzit pentru a evita contractarea termică și deformarea în timpul printării;
- ASA (Acrylic Styrene Acrylonitrile) – „plastic ingineresc” (similar cu ABS)
 - ❖ Avantaje – rezistență bună mecanică, la factorii de mediu, la temperatură; culori variate; emite mai puține gaze la printare comparativ cu ABS; se deformează mai puțin la printare comparativ cu ABS;
 - ❖ Dezavantaje – oarecum dificil de printat pe imprimante cu cameră deschisă, produce gaze la printare, necesită imprimantă cu pat încălzit pentru a evita contractarea termică și deformarea în timpul printării, mai scump ca ABS;



- PC (Policarbonat)
 - ❖ Avantaje – rezistență bună la temperatură, rezistență la impact, există filament transparent;
 - ❖ Dezavantaje – necesită imprimantă cu temperatură mare de printare, higroscopic, se deformează la printare, emite gaze la printare;
- PA (Nylon)
 - ❖ Avantaje – rezistență termică bună, rezistență mecanică bună;
 - ❖ Dezavantaje – cost ridicat, dificil de printat;
- Material flexibil
 - ❖ Avantaje – flexibilitate excelentă similar cu un cauciuc mai tare (există diferite durități), rezistență chimică;
 - ❖ Dezavantaje – disponibilitate redusă, cost ridicat, printare relativ dificilă;
- Materiale compozite (PLA/ PETG/ ABS/ PC/ PA cu inserții de fibră de carbon, kevlar etc.)
 - ❖ Avantaje – rezistență excelentă pentru aplicații speciale, stabilitate dimensională foarte bună, greutate redusă;
 - ❖ Dezavantaje – disponibilitate redusă, cost ridicat, printare dificilă (pot necesita duze speciale);
- Metal – tehnologie de printare cu filament care conține particule metalice. După printare obiectul se încălzește într-un cuptor electric la aproximativ 1000 grade Celsius pentru ca particulele să fuzioneze și să rezulte un obiect metalic.
 - ❖ Avantaje – posibilitatea de a produce obiecte metalice fără echipamente specifice pentru procesarea metalelor, posibilitatea de a produce forme complexe, dificil de realizat pe strung sau freză și dificil de turnat;
 - ❖ Dezavantaje – costuri ridicate, necesită echipamente speciale (cuptor), dimensiunea produsului final este mai mică decât a produsului modelat în 3D și printat (datorită contractării și fuzionării) – trebuie proiectat mai mare inițial;
- Lemn – filament cu 30-40% fibre lemnoase și 60-70% polimer cu aspect de lemn
 - ❖ Avantaje – posibilitatea printării unor obiecte cu aspect de lemn, cu diferite esențe; miroase, se simte ca lemnul; posibilitatea de a varia culoarea produsului printat prin variația temperaturii de printare; post procesare facilă (taiat, finisat, vopsit etc.); se pot printa modele complexe care altfel ar necesita muncă manuală cu efort mare de timp;



- ❖ Dezavantaje – disponibilitate limitată datorită faptului că filamentele cu lemn sunt noi pe piață; dimensiunea obiectelor printate este limitată de dimensiunea imprimantei și de cantitatea de filament necesară;
- PVB (Polyvinyl butyral)
 - ❖ Avantaje – transparentă, material ușor de nivelat cu alcool izopropilic, aspect de sticlă; printare similară cu PLA; proprietăți mai bune ca PLA; stabilitate dimensională la printare; solubil în alcool izopropilic – poate fi folosit ca suport pentru forme complexe realizate cu alt material;
 - ❖ Dezavantaje – disponibilitate limitată; adeziune mai slabă între straturi decât la PLA;



EXERCIIII PRACTICE, PROIECTE ȘI ÎNTREBĂRI

Exerciții Practice:

- Modelare Detaliată a unui Mobilier Clasic: Realizați o modelare detaliată a unei piese de mobilier clasic, cum ar fi o masă sau o scaun, utilizând instrumentele de modelare 3D din Fusion 360. Experimentați cu diferite forme, detalii și finisaje pentru a obține un rezultat autentic și estetic.
- Proiectare de Ansamblu Modular: Creați un ansamblu modular de mobilier, cum ar fi un sistem de rafturi sau o unitate de depozitare, care poate fi configurat și asamblat în diferite moduri pentru a se potrivi nevoilor și preferințelor utilizatorului.
- Analiză a Rezistenței și a Tensiunilor: Efectuați o analiză a rezistenței și a tensiunilor pe un model de mobilier folosind funcționalitățile de simulare din Fusion 360. Identificați zonele critice și optimizați design-ul pentru a asigura o rezistență și durabilitate adecvată.
- Generarea de Desene Tehnice: Generați desene tehnice detaliate pentru un proiect de mobilier, inclusiv vederi de ansamblu, secțiuni transversale și liste de materiale, utilizând instrumentele de desenare din Fusion 360. Asigurați-vă că desenele sunt conforme cu standardele industriale și pot fi utilizate pentru fabricație.

Proiecte:

- Proiectare a unei Bucătării Modulare: Proiectați o bucătărie modulară folosind Fusion 360, care să includă elemente precum dulapuri, blat de lucru, și spații de depozitare, toate optimizate pentru a maximiza funcționalitatea și estetica într-un spațiu restrâns.
- Mobilier Personalizat pentru Spații Mici: Proiectați mobilier personalizat pentru spații mici, cum ar fi apartamentele de tip studio sau dormitoarele mici. Experimentați cu soluții inovatoare de depozitare și optimizare a spațiului pentru a crea piese de mobilier practice și funcționale.
- Design de Mobilier Urban și Modular: Realizați un proiect de mobilier urban și modular, care să fie potrivit pentru spații publice și comunități urbane. Luați în considerare aspecte precum durabilitatea, ușurința de întreținere și adaptabilitatea la diferite medii și nevoi.
- Proiectare a unei Colecții de Mobilier: Dezvoltați o colecție de mobilier coordonată, care să cuprindă mai multe piese, cum ar fi scaune, mese și dulapuri, cu un design comun sau unificat. Asigurați-vă că fiecare piesă se încadrează într-o estetică globală și poate fi integrată armonios într-un spațiu de locuit sau de lucru.



Aceste exemple de exerciții practice și proiecte ar putea fi realizate în cadrul unei companii de producție de mobilă pentru a demonstra capacitățile și beneficiile utilizării Fusion 360 în procesul lor de proiectare și fabricație.

Întrebări Frecvente și Soluționarea Problemelor

- Cum pot crea un model 3D al unui obiect folosind software-ul CAD?
- Care sunt principalele instrumente și comenzi utilizate în modelarea 3D în CAD?
- Cum pot crea și modifica schițe și profile înainte de a le transforma în modele 3D?
- Care sunt cele mai bune practici pentru organizarea și gestionarea proiectelor în software-ul CAD?
- Cum pot genera și adapta desene tehnice și vederi de ansamblu în CAD?
- Care sunt modalitățile de colaborare și partajare a proiectelor în cadrul unei echipe folosind CAD?
- Cum pot pregăti un model 3D pentru imprimare 3D în software-ul CAD?
- Ce tipuri de fișiere sunt compatibile cu imprimantele 3D și cum pot converti un model CAD într-un format adecvat?
- Care sunt principalele considerații pentru a alege materialele potrivite pentru imprimarea 3D a unui model?
- Cum pot ajusta setările de imprimare pentru a obține o calitate și o rezistență optimă a obiectului final?
- Ce sunt suporturile și rafturile în imprimarea 3D și cum pot fi utilizate pentru a asigura succesul imprimării?
- Cum pot efectua întreținerea și remedierea problemelor la imprimanta 3D pentru a asigura performanța și fiabilitatea continuă?



RESURSE ȘI COMUNITĂȚI DE SUPT

Resurse Online

- Site-ul oficial Autodesk Fusion 360 - <https://www.autodesk.com/> : Autodesk oferă o serie de resurse utile pe site-ul lor, inclusiv documentație, tutoriale video și articole practice pentru începători și utilizatori avansați.
- Forumurile Autodesk Fusion 360 - <https://forums.autodesk.com/> : Forumurile oficiale ale comunității Fusion 360 sunt un loc excelent pentru a găsi răspunsuri la întrebări și pentru a discuta cu alți utilizatori. Aici puteți împărtăși experiențe, probleme și soluții cu o comunitate largă de utilizatori și experți.
- Canalul YouTube Fusion 360 - <https://www.youtube.com/channel/UCiMwMz3RMbW5mbx0iDcRQ2g> Autodesk are un canal dedicat pe YouTube care oferă o varietate de tutoriale video, sfaturi și trucuri pentru utilizarea Fusion 360. Aici veți găsi materiale video care acoperă o gamă largă de subiecte și funcționalități.
- Grupuri de Facebook și alte rețele sociale: Există mai multe grupuri și comunități dedicate Fusion 360 pe platforme de socializare precum Facebook, LinkedIn și YouTube. Aceste grupuri sunt excelente pentru a conecta cu alți utilizatori, pentru a împărtăși proiecte și pentru a obține sfaturi și feedback.
Facebook: Fusion 360 for Beginners - <https://www.facebook.com/groups/889882791637410>
Autodesk Fusion Lessons - <https://www.facebook.com/groups/260564629612598>
Fusion 360 - <https://www.facebook.com/Fusion360Training>
LinkedIn FUSION 360 - <https://www.linkedin.com/products/rmr62-fusion-360/>
YouTube:
https://www.youtube.com/watch?v=y5tp4QXciK4&list=PLGs0VKk2DiYx15SfBxO_VE6ELhpy0VnAw&index=1

Cursuri și Workshop-uri

- Cursuri Online pe Platforme Educaționale: Platforme precum Udemy, Coursera și LinkedIn Learning oferă cursuri online despre Fusion 360 pentru toate nivelurile de experiență. Aceste cursuri pot fi luate în ritmul dumneavoastră și vă pot ajuta să învățați rapid și eficient.
- Udemy - Autodesk Fusion 360 Courses <https://www.udemy.com/topic/fusion-360/>
- Coursera - Autodesk Fusion 360 Courses - Learn Autodesk Fusion 360 Online
- Coursera - Intro to Digital Manufacturing with Autodesk Fusion 360
<https://www.coursera.org/learn/introduction-digital-manufacturing-fusion-360>
- Coursera - Autodesk Fusion 360 Integrated CAD/CAM/CAE
<https://www.coursera.org/learn/fusion-360-integrated-cad-cam-cae>
- LinkedIn Learning <https://www.linkedin.com/learning/topics/fusion-360>



- Fusion 360 Essential Training <https://www.linkedin.com/learning/fusion-360-essential-training-2>
- Learning Fusion 360 <https://www.linkedin.com/learning/learning-fusion-360-12732882>
- Workshop-uri Locale și Evenimente de Formare: Instituțiile de învățământ, bibliotecile și alte organizații pot organiza workshop-uri și evenimente de formare despre Fusion 360. Acestea pot fi o oportunitate excelentă de a învăța direct de la profesioniști și de a obține răspunsuri la întrebări specifice.

Material Didactic

- Cărți și Ghiduri Practice: Există o mulțime de cărți și ghiduri practice disponibile despre Fusion 360, care acoperă diverse aspecte ale acestui software. Acestea pot fi găsite în librării sau online și pot oferi informații detaliate și exemple practice.
 - "Mastering Autodesk Fusion 360" de Travis Jones: Această carte oferă o introducere completă în Fusion 360, acoperind toate aspectele esențiale ale modelării 3D, simulării, fabricației asistate de calculator și multe altele. Este potrivită atât pentru începători, cât și pentru utilizatorii avansați și include numeroase exemple practice și sfaturi utile.
 - "Fusion 360 for Makers: Design Your Own Digital Models for 3D Printing and CNC Fabrication" de Lydia Sloan Cline: Această carte se concentrează pe utilizarea Fusion 360 în proiecte de fabricație personalizate, cum ar fi imprimarea 3D și fabricația asistată de calculator (CAM). Autorul oferă instrucțiuni pas cu pas și studii de caz detaliate pentru a vă ajuta să vă transformați ideile în realitate.
 - "Fusion 360 - Basic Tutorial" de Tutorial Books: Această carte oferă un tutorial pas cu pas pentru începători, acoperind principiile de bază ale utilizării Fusion 360 pentru modelare 3D, simulare, generarea de desene tehnice și multe altele. Este ideală pentru cei care doresc să învețe rapid și eficient funcționalitățile esențiale ale acestui software.
 - "Fusion 360 for Engineers and Designers" de Prof. Sham Tickoo: Această carte se adresează inginerilor și proiectanților și oferă o abordare practică și orientată către aplicații pentru utilizarea Fusion 360 în proiecte de inginerie și design. Include exemple practice, exerciții și proiecte pentru a vă ajuta să vă consolidați cunoștințele și să vă dezvoltați abilitățile în utilizarea acestui software.
 - "Fusion 360 - A Power Guide for Beginners and Intermediate Users" de CADartifex: Această carte este potrivită atât pentru începători, cât și pentru utilizatorii intermediari și oferă instrucțiuni detaliate și exemple practice pentru utilizarea Fusion 360 într-o varietate de aplicații, inclusiv modelare 3D, simulare și fabricație asistată de calculator.

Indiferent de resursa aleasă, este important să căutați surse de încredere și să verificați informațiile de mai multe ori pentru a vă asigura că aveți răspunsuri precise și actualizate la întrebările dumneavoastră despre Fusion 360.



BIBLIOGRAFIE

- [1] <https://randari-arhitectura.ro/modelarea-3d-tot-ce-trebuie-sa-stii/>
- [2] <https://www.techopedia.com/definition/2063/computer-aided-design-cad>
- [3] <https://help.prusa3d.com/downloads/mk3s/handbook>
- [4] "Introduction to AutoCAD 2023: A Modern Perspective" de Paul Richard și Jim Fitzgerald
- [5] "Mastering CAD/CAM" de Ibrahim Zeid
- [6] "An Introduction to CAD" de Tech-Clarity - <https://tech-clarity.com/documents/Tech-Clarity-Insight-CAD-Management-Summary.pdf>
- [7] "Understanding CAD: History, Present, and Future" de GrabCAD Blog - <https://blog.grabcad.com/>
- [8] "3D Printing Handbook: Technologies, Design and Applications" de Ben Redwood.
- [9] "3D Modeling and Animation: Synthesis and Analysis Techniques for the Human Body" de Nikos Sarris și Michael G. Strintzis
- [10] "The Ultimate Guide to 3D Modeling" de CGTrader <https://www.cgtrader.com/>
- [11] Documentația oficială a Fusion 360
- [12] "Mastering Autodesk Fusion 360" de Paul S. Hamilton.