

## RESEARCH REGARDING DESIGN AND REALIZATION OF A 3D COFFEE PRINTER

STROE Monica Sandra Lucia, ILINCA Florența-Simona, GRĂJDAN Ioana,  
FRÎNCU Bogdan-George, MARIN Valentin  
Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: IPFP, Anul de studii: II,  
e-mail: ioanagrajdan@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing.ec. Cristian Vasile DOICIN

*ABSTRACT: This paperwork presents the possibility to design and build with simple resources and means a very complex technical equipment with distinguished functionalities and applications for a 3D coffee printer. To build a 3D coffee printer by your own means is not just a challenge that should prove skill, but an invitation to further study and research when it comes to improve the functionalities and the overall performance of a standard 3D printer.*

*The goal of this paperwork is to present the most important components of the 3D coffee printer, as well as presenting the necessary technical proprieties and details*

*CUVINTE CHEIE: Imprimantă 3D, cafea, imagine.*

### 1. Introducere

Una din tehnologiile care acaparează în mod constant și în același timp, rapid, industria constructoare de mașini și nu numai, este cu siguranță reprezentată de Tehnologiile de Fabricare Aditivă. Această tehnologie a reușit să se dezvolte exponențial în decursul ultimilor ani și către alte industrii, dar Industria Alimentară a fost unul din pionierii acestei inițiative prin realizarea Imprimantelor 3D care depun materiale comestibile.

În ultimul timp, un alt tip de printare, care se va detalia mai jos prezintă un interes major în rândul clienților și nu numai – Printarea unei imagini pe suprafața unei cafele.

Cu ajutorul acestei tehnologii se pot printa modelele drepte pe cafea sau o alta bautura fierbinte cu spuma. Printarea se realizeaza intr-un mod rapid si eficient utilizand o cerneala comestibila ce va lua formele dorite pentru a personaliza bautura.

Se pot realiza mesaje, forme, imagini, fotografiile incarcate in centrul de comanda. Un ciclu de functionare se realizeaza in aproximativ 10 – 20 de secunde.

### 2. Stadiul actual

În momentul actual tehnologia de printare 3D folosită pentru arta cafelei se află într-un stadiu incipient. Există câteva brevete care folosesc această tehnologie și despre care am vorbit în cele ce urmează.

Tehnologia este utilizată la nivel Mondial, unul dintre brevetele analizate fiind prezentat în Statele Unite (Sept. 2015), iar celalalt a fost prezentat în Coreea de Sud (Mai 2018).

În acest moment, având în vedere stadiul în care se află această tehnologie, prețul acestor imprimante este foarte ridicat, acesta reprezentând un factor favorabil în alegerea temei.

De asemenea, se poate estima faptul că tehnologia se va extinde substanțial.

### **3. Marketing strategic al produsului**

În prezent, există astfel de imprimante, doar că toate sunt la un preț ridicat. Această imprimantă o să fie realizată cu un buget mult mai mic, iar în final vom avea același rezultat ca și la cele existente pe piață.

În ciuda limitărilor existente în prezent, tehnologiile de Imprimare 3D se dezvoltă foarte rapid. Astfel, tehnologiile de Imprimare 3D devin din ce în ce mai răspândite. Pentru o analiză mai amplă a produsului se va realiza Analiza SWOT. Aceasta este realizată pentru a evidenția anumite aspecte importante ale produsului. Se vor analiza atât punctele tari și slabe, cât și oportunitățile și amenințările.

Promovarea este foarte importantă. Cu ajutorul promovării produsul o să devină cunoscut și o să atragă un număr mare de clienți interesați. Produsul se adresează în special persoanelor iubitoare de cafea. Persoanelor cu venituri medii spre ridicate, atât românilor, cât și străinilor. Acest produs se va adresa celor ce doresc să savureze o cafea cu o poveste, mai exact imaginea imprimată pe spuma de la cafea să poată să le redea o stare de bine sau chiar să le readucă o amintire plăcută.

Piața inițială pentru acest produs va fi mixtă, B2B (Business to Business) și B2C (Business to Customer), deoarece produsul creat va fi livrat către magazine sau locuri unde se pot savura băuturi. Prin această vânzare produsul devine cunoscut și totodată promovat. Locurile prin care se dorește să se distribuie acest produs ar fi: cafenele, restaurante, ceainării, magazine cu specific, totodată și la anumite evenimente, conferințe, spectacole, teatre, etc..

#### **3.1 Potențialii clienți – Publicul țintă**

Pentru a putea identifica nevoile clienților, s-au realizat două chestionare cu întrebări legate despre produsul propus, acestea fiind alcătuite pe baza unui ghid de interviu, ce cuprinde puncte esențiale ce trebuie analizate, precum utilitatea produsului, calitatea acestuia, dacă trebuie aduse îmbunătățiri produsului sau nu, dacă sunt mulțumiți clienții sau nu. Cele două chestionare au fost distribuite atât persoanelor fizice, cât și celor juridice. Pe baza răspunsurilor primite de la un număr de 30 de persoane intervievate cu un simplu chestionar s-au tras concluzii privind nevoile existente pe piață față de produsul ales.

Totodată pe lângă cele menționate mai sus s-a completat și un Business Model Canvas, prin care s-a identificat profilul ideal al unui potențial client. Pe lângă profilul potențialului client, s-au identificat și alte aspecte importante ce ajută atât în vânzarea produsului, cât și în producția acestuia.

#### **3.2 Produse concurente**

În prezent, există produse similare cu produsul nostru. Produsele concurente sunt de ultimă generație și au specificații tehnice superioare. Tocmai pentru proprietățile pe care acestea le au prețul de achiziție este unul destul de mare, rezultând și faptul că costul de producție este ridicat.

Produsul nostru final are specificații similare, dar costul de producție este mult mai mic față de concurență.

### **4. Managementul proiectului**

În cadrul acestui capitol a fost analizat modul de desfășurare a unui proiect. În acest sens, s-au stabilit toate activitățile necesare inițierii proiectului, s-a realizat planificarea activităților proiectului utilizând instrumentul de planificare Primavera Project Planner V6. În urma identificării activităților proiectului și a resurselor necesare s-a stabilit ordinea de desfășurare a activităților, De aceea s-au identificat relațiile și dependențele activităților.

În momentul definirii resurselor proiectului s-a definit și costul fiecăreia, astfel că în urma alocării resurselor pe activitățile corespunzătoare se va genera un cost total de realizare al proiectului.

Activity ID	Activity Name	Activity Type	Original Duration	BL1 Total Cost
MPC MPC			207h	\$385.50
+ MPC.Cap. 1	Introducere		4h	\$0.00
+ MPC.Cap. 2	Marketing strategic		37h	\$2.50
+ MPC.Cap. 3	Managementul proiectului		14h 30.00n	\$1.45
+ MPC.Cap. 4	Stabilirea specificatiilor		23h 30.00n	\$2.35
+ MPC.Cap.5	Proiectarea conceptuala		39h 30.00n	\$5.05
+ MPC.Cap. 6	Proiectarea detaliata		129h	\$7.10
+ MPC.Cap. 7	Fabricarea produsului		38h	\$325.50
+ MPC.Cap. 8	Testarea produsului		20h	\$36.00
+ MPC.Cap. 9	Omologarea, utilizarea, comercializarea si reciclarea prc		13h	\$1.70
+ MPC.Cap. 10	Analiza economica		25h	\$2.50
+ MPC.Cap. 11	Elaborarea cartii produsului		11h 30.00n	\$1.35

Fig. 1. Costul și durata proiectului

S-a elaborat planul de risc pentru proiect. Rolul acestuia este acela de a identifica posibilele riscurile pentru a le evita prin prevenire. În cadrul planului de risc se regăsește descrierea riscurilor, factorii declanșatori, activitățile afectate, responsabilitatea și strategia propusă.

De asemenea, pentru fiecare membru al echipei a fost realizată fișa de post. În cadrul acesteia se regăsesc responsabilitățile fiecăruia, cât și activitățile pe care le au de executat.

În ultima etapă s-a realizat planul de achiziții și caietul de sarcini pentru un produs ales.

## 5. Stabilirea specificațiilor

Pentru identificarea nevoilor clienților se va folosi interviul. S-a realizat apoi interpretarea declarațiilor de nevoi în nevoi ale clienților. Interpretarea declarațiilor clienților în nevoi se realizează deoarece două sau mai multe din informațiile culese de la clienți pot avea același conținut, dar formulare diferite. În urma interpretării nevoilor, acestea se vor centraliza. Aceasta centralizare cuprinde toate nevoile interpretate, atât cele care se repetă, cât și cele cu sens asemănător.

În continuare s-a stabilit lista mărimilor și a matricei caracteristici-cerințe pentru produs. Se vor stabili specificațiile obiective ale produsului, adică acele valori pentru care succesul pe piață al produsului este posibil. Aceste valori se stabilesc în funcție de specificațiile produselor concurente, astfel încât acestea să asigure un avantaj, atât din punct de vedere funcțional, cât și tehnic al produsului dezvoltat. S-a realizat apoi Matricea Mărimi – Cerințe pentru a facilita identificarea mărimilor și a cerințelor primare.

Următoarea etapă este reprezentată de stabilirea importanței relative a mărimilor ținând seama de importanța relativă a cerințelor din care acestea derivă. Aceasta este în strânsă corelație cu importanța relativă a cerințelor primare caracterizate.

În final se stabilesc valorile obiectiv ideale și limită acceptabile pentru fiecare mărime. Pentru stabilirea valorilor obiectiv ideale și limită acceptabile se alege, pentru fiecare mărime, un obiectiv ideal și un obiectiv limită acceptabil.

## 6. Proiectare conceptuală

Se stabilește funcția generală a produsului. Funcția generală este definită ca ansamblul însușirilor produsului prin care se satisface nevoia pentru care se proiectează produsul.

Pornind de la nevoia identificată și de la cerințele clienților s-a constatat faptul că funcția generală a produsului dezvoltat este de a printa imaginea dorită pe suprafața unei cafele. Funcția generală se supune unui proces de analiză din care va rezulta în primul rând funcțiile principale și apoi cele secundare. Pentru evidențierea sistemului de fenomene folosite la dezvoltarea funcției generale și a funcțiilor componente se menționează fenomenele naturale/fizice care stau la baza dezvoltării fiecărei funcții. Cu ajutorul acestora se generează o serie de soluții conceptuale. În urma alcătuirii bazei de date a soluțiilor conceptuale cunoscute și

noi pentru funcțiile principale ale produsului se stabilește un număr de soluții tehnic posibile prin combinarea conceptelor. Deoarece, în general, numărul de soluții tehnic posibile este foarte mare, ținând cont de specificatiile obiectiv stabilite în lucrările anterioare, se exclud o serie de soluții conceptuale.

Pentru a selecta conceptul optim s-a alcătuit o listă a criteriilor de selecție asociate funcției generale a produsului. Ponderea fiecărui criteriu s-a stabilit folosind scara lui Saaty ținând seama de cerințele clienților și de specificatiile obiective.

S-a realizat o matrice de ierarhizare pentru fiecare dintre conceptele anterior obținute. În continuare s-a realizat matricea în care s-au înscris ponderile determinate anterior și valorile ierarhizărilor obținute în tabelele anterioare, corespunzătoare criteriilor luate în considerare. Scorurile decizionale conduc către produsul optim ce urmează a fi analizat și dezvoltat.

## 7. Proiectarea detaliată

Dimensiunile de gabarit ale imprimantei realizate sunt de 470x270x360mm(fig.2). Dimensiunile maxime pentru introducerea cestii de cafea sunt 150mm înălțime și un diametru de maxim 100mm.

S-a realizat pentru început cadrul imprimantei. Acesta este format din placa de sus și de jos, ce au dimensiunile de 450x250x20mm. Placa de jos are ca rol de bază, de a susține ansamblul superior prin intermediul celor 8 bare de aluminiu de  $\varnothing 10 \times 300$ mm. Placa de sus susține axele pentru capul de printare, dar și partea electrică și de control a imprimantei.

De asemenea, s-a proiectat și suportul pentru cană, care se ghidează pe cele două bare din partea din față ale imprimantei și este deplasată în sus de surubul conductor. Surubul conductor are rolul de a deplasa cană la nivelul cartuselor. În partea superioară este prezent un senzor care va opri mișcarea de translație în momentul în care a ajuns la dimensiunea necesară.

În continuare s-a realizat axa prin care se vor mișca cartusele. Cartusele execută mișcările stânga - dreapta și înainte-înapoi. Mișcarea cartuselor stânga-dreapta este realizată pe axa y prin intermediul unui motor pas cu pas Samsung ML-2160 și ghidată pe o axă de aluminiu. Mișcarea înainte-înapoi se realizează mișcând axa y prin intermediul a două axe paralele ce au montate câte un rulment liniar, mișcare aceasta este generată de asemenea de un motor pas cu pas. Pentru montarea celor 2 axe ale extrudării s-a proiectat un suport de prindere din 2 componente care se va atașa de placa superioară(fig.2).

În ceea ce privește partea electrică, se va utiliza o sursă de alimentare ce va avea tensiune de ieșire de 12V DC respectiv 18V DC. Ca parte de control a imprimantei se folosește o placă de control cu procesor Samsung denumită MI2165x JC92 pentru controlarea tuturor senzorilor, motoarelor și capul de extrudat, de asemenea se va utiliza și un modul de control D-link pentru conectarea acesteia la internet. Aceste componente se vor monta deasupra plăci superioare prin intermediul unor distanțiere.

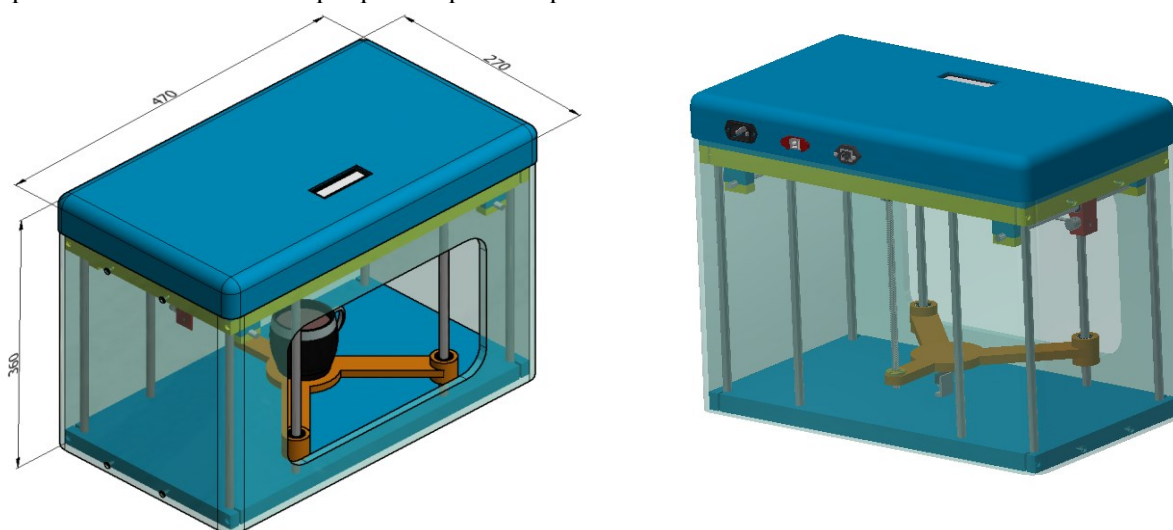


Fig. 2 Concept CAD

## 8. Fabricarea si testarea prototipului produsului

Pentru fabricare s-a realizat: placa superioara și placa inferioară cu dimensiunile 450x250x20mm, 8 tije de aluminiu cu dimensiunea  $\text{Ø}10 \times 340\text{mm}$  și patul de printare. Pentru asamblarea produsului se vor monta cele 8 tije de aluminiu în placa superioara(fig.3) și se monteaza patul de printare pe cele 2 axe de ghidare cu ajutorul rulmentilor liniari LM10UU(fig. 4).



Fig. 3 Asamblare bare rigidizare placa inferioara

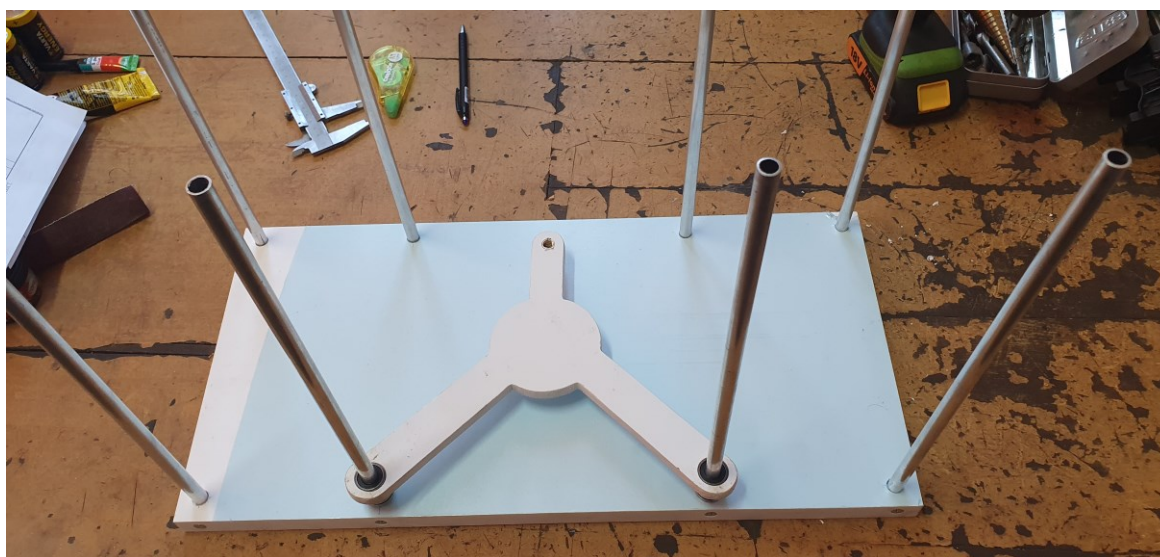


Fig. 4 Asamblare pat

Se assembleaza surubul conductor T8 pe motorul NEMA17 cu ajutorul cuplei elastice și se assembleaza pe placa superioara, intreg ansamblu se monteaza pe cele 8 bare ale ale cadrului conform fig.5





Fig.5 Asamblarea placa superioara pe cadrul imprimantei

## 9. Programarea unei simulari si monitorizarea ciclului de functionare

Cu ajutorul Naional Instruments LabView 2020, a fost realizată o aplicație care are rolul de a simula și monitoriza un ciclu de funcționare. Pentru monitorizarea sistemului s-a realizat o platformă web în care în baza unei autentificări utilizatorul va putea observa în timp real anumiți parametri ai procesului de printare.

În cadrul acestui sub-proiect au fost integrate două categorii de senzori: Senzori de umiditate/temperatură și limitatoare mecanice.

Prin citirea senzorilor de temperatură și a limitatoarelor mecanice (senzori de proximitate) se iau decizii importante la nivel de ansamblu. Prima funcție realizată în momentul începerii printării este mișcarea suportului cunii de cafea pana la atingerea limitatoarelor.

De asemenea, partea de vizualizare și monitorizare se poate executa folosind atât interfața LabView cât și interfața platformei online dezvoltate.

Componentele care formează ansamblul acestei aplicații sunt următoarele:

- 1 bibliotecă care conține 3 sub-programe: ReadValues.vi , SimulateValues.vi , VarGlobal;
- 2 sub-programe care au rolul de a activa și a rula platforma web: LogIn.vi , ReadResponse.vi;
- 2 fișiere html pentru afișarea și designul platformei online: LogInPage.html , Response.html
- serviciu web: PrintCoffe

În platforma online care are drept scop monitorizarea ciclului de funcționare se pot observa următoarele informații: Umiditatea exprimată în procente, aceasta fiind măsurată cu ajutorul senzorului de temperatură, împreună cu valoarea temperaturii care este exprimată in grade Celsius.Înălțimea – valoare exprimată în milimetri fiind măsurată cu ajutorul senzorului de proximitate și știind ca un pas este reprezentat de 5 mm. De asemenea, este prezentată și o informație legată de statusul printării, aici se va preciza în ce stadiu se afla printarea – recipientul se mișca sau se prindează. De asemenea, cu ajutorul interfeței LabView suntem înștiințați când putem ridica recipientul de pe suportul de printare.

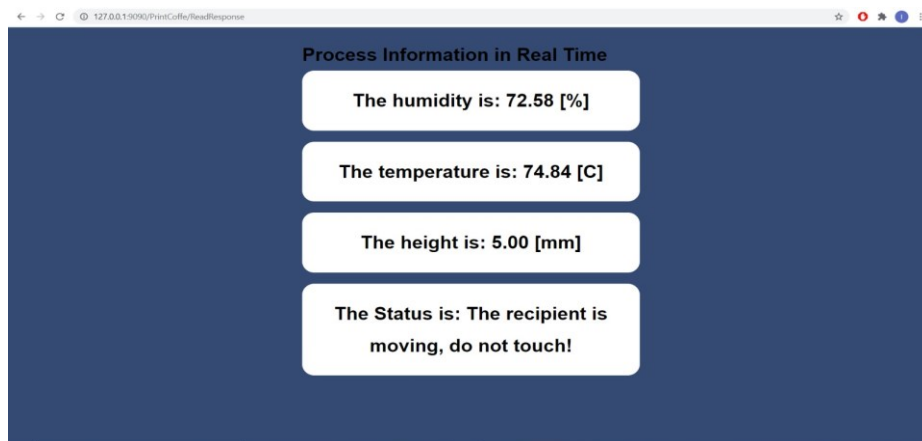


Fig. 6 UI Platforma Online – Simulare și Monitorizare

În interfața sub-programului principal din LabView – SimulateValues.vi, se va introduce ca și marire de intrare valoarea înălțimii recipientului unde urmează să se realizeze printarea. Asadar calculul înălțimii canii se realizează în funcție de această valoare.

Valorile informative prezentate: umiditate, temperatură, cursa pe verticală sunt redată sub formă grafică, dar și sub formă numerică folosind indicatori de tip Graph sau Numeric. Observând graficul cursei pe verticală, putem să observăm cum suportul crește în înălțime, stagnează (în momentul în care are loc printarea propriu-zisă) ca mai apoi să scadă în înălțime.

Pentru o reprezentare cât mai corectă s-a realizat și o animație folosind o serie de imagini preluate din modelul CAD. Imaginile și apariția acestora în timpul rularii sunt direct corelate cu valorile reprezentate de graficul “Simulare Cursa”.

Pentru o informare cât mai corectă și o citire a procesului cât mai ușoară, interfața dispune de un afișaj care informează utilizatorul stadiul printării. Va informa utilizatorul dacă poate ridica recipientul, dacă procesul se află în stadiul de printare, dacă recipientul coboară sau urcă.

În imaginea de mai jos se poate observa design-ul interfeței LabView.

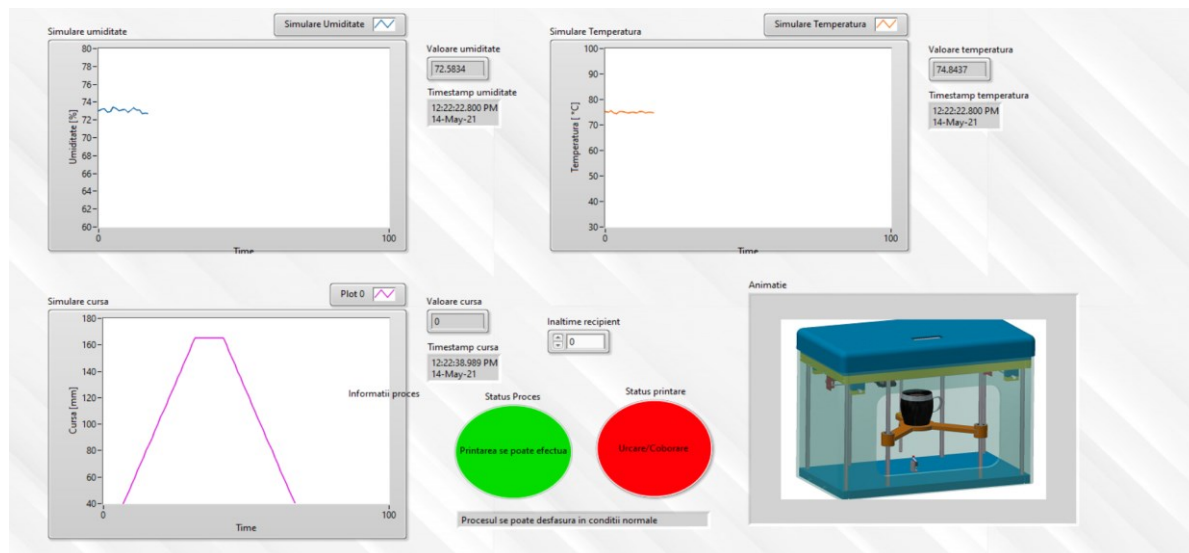


Fig. 7 Aspect Interfața principală LabView - SimulateValues.vi

## 10. Analiza economică

Analiza economică are ca scop determinarea prețului final al produsului și încadrarea acestuia în piață, printre ceilalți competitori. Se identifică toate costurile necesare pentru realizarea imprimantei 3D

pentru cafea cu ajutorul structurii de dezagregare a costurilor unde se identifică mai multe tipuri de costuri: salariile oferite tuturor resurselor umane implicate în dezvoltarea proiectului, toate materialele și echipamentele necesare, taxele, utilitățile și diferitele licențe necesare, costuri cu publicitatea, costuri suplimentare. Pentru stabilirea acestor costuri se va ține cont de informațiile oferite în capitolele anterioare în ceea ce privește distribuția resurselor umane pe zile, materialele necesare realizării imprimantei, cât și strategia de marketing a produsului.

Pentru obținerea unui cost de producție cât mai mic, se face o selecție a furnizorilor pentru a identifica furnizorul cu cel mai bun raport calitate-preț. Se va puncta faptul că pentru fiecare componentă/material în parte, criteriile de selecție sunt diferite. Reducerea cu 1% a cheltuielilor cu aprovizionarea are același efect asupra profitului ca și o creștere cu 10% a vânzărilor. Se realizează și o reevaluare financiară a componentelor și materialelor prime pentru a obține cel mai mic cost de producție al imprimantei 3D pentru cafea, dar cu performanțe maxime.

În urma calculului costului pentru materiale, se obține un cost egal cu 1758,05 lei unde au fost luate în calcul toate costurile pentru realizarea imprimantei 3D: costul materiei prime, costuri de transport, costul componentelor achiziționate, costul materialelor recuperabile. Pentru calculul prețului unitar al produsului se ia în calcul costul de producție la care se adaugă un profit care reprezintă 20% din costul de producție. Astfel, se obține un produs unitar egal cu 2109,66 lei. În final, se obține prețul de vânzare, obținut din prețul unitar la care se adaugă TVA-ul de 19%, care este egal cu 2510,49 lei.

Se calculează, de asemenea, pragul de rentabilitate pentru a stabili numărul de produse vândute de la care se poate obține profit. Se vor lua în calcul cheltuielile fixe, prețul de vânzare al produsului și cheltuielile variabile unitare, obținând un număr de 18 unități de la care se poate obține profit din vânzarea imprimantelor 3D pentru cafea.

În cazul care ar avea loc o negociere pentru achiziționarea unui produs sau mai multe este important de știut ce strategie de vânzare trebuie adoptată astfel încât vânzarea produsului să fie profitabilă. Chiar dacă prețul de vânzare al produsului aduce un profit de 20% conform calculelor efectuate anterior, punctul dorit din strategia de vânzare este calculat ca fiind dublul costului de producție. Acest lucru va permite producerea unui al doilea produs din banii obținuți din vânzarea primului produs. În cazul în care negocierea nu se ajunge la punctul dorit, se negociază prețul până se atinge valoarea BATNA, setată ca fiind prețul de vânzare de 2510 lei. Când negocierea ajunge la un preț sub această valoare, vânzătorul se retrage și nu mai vinde produsul, urmând să caute alți potențiali cumpărători.

## 11. Concluzii

Lucrarea a constat în proiectarea unei imprimante 3D pentru cafea, urmând a se realiza fizic. Pentru început însă s-a realizat o analiză a stadiului actual și a marketingului strategic al produsului. În urma acestora s-a constatat faptul că principalul avantaj al construcției imprimantei este reprezentat de faptul că în prezent există astfel de imprimante, însă toate sunt la un preț foarte ridicat.

Pentru alegerea parametrilor optimi necesari construcției imprimantei au fost analizate nevoile clienților, iar în funcție de cerințele acestora s-a trecut la proiectarea imprimantei. Aceasta a fost realizată cu ajutorul softului de proiectare Autodesk Inventor.

Ținând cont de elementele componente utilizate în construcția imprimantei s-a realizat o estimare a costului. Acest cost vine ca o confirmare a celor anterior stipulate, și anume a faptului că această imprimantă este realizată cu un buget mult mai mic, dar rezultatul obținut este asemănător cu cel al produselor deja existente pe piață.

## 12. Bibliografie

- [1]. C.V. Doicin, N. Ionescu, Note de curs – “Dezvoltarea Produselor1”, UPB, FIIR, 2020
- [2]. B. Abaza, Note de curs – “Sisteme Avansate de Fabricare”, UPB, FIIR, 2020
- [3]. <https://www.autodesk.com> -Autodesk Inventor 2020
- [4]. <https://www.ni.com/ro-ro.html> -LabVIEW 2020
- [5]. <https://www.oracle.com/ro/industries/construction-engineering/primavera-p6/> - Primavera P6