



Ministerul Educației
Universitatea POLITEHNICA din București
Școala Doctorală de Inginerie Industrială și Robotică



TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND DEZVOLTAREA UNUI ECHIPAMENT
ADAPTABIL PERSONALIZAT PENTRU ANTRENAMENT
SPORTIV**

Student doctorand,

TUNSOIU Nicolae

Conducător științific,

Prof. dr. ing. ec. Cristian-Vasile DOICIN

- București -

- 2022 -



Ministerul Educației
Universitatea POLITEHNICA din București
Școala Doctorală de Inginerie Industrială și Robotică



TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND DEZVOLTAREA UNUI ECHIPAMENT
ADAPTABIL PERSONALIZAT PENTRU ANTRENAMENT
SPORTIV**

REZUMAT

Student doctorand,
TUNSOIU Nicolae

Conducător științific,
Prof. dr. ing. ec. Cristian-Vasile DOICIN

- București -

- 2022 -



Ministerul Educației
Universitatea POLITEHNICA din București
Școala Doctorală de Inginerie Industrială și Robotică



Decizie CSUD nr.786 din 03.12.2021

**CERCETĂRI PRIVIND DEZVOLTAREA UNUI ECHIPAMENT
ADAPTABIL PERSONALIZAT PENTRU ANTRENAMENT
SPORTIV**

**RESEARCH ON DEVELOPMENT OF A CUSTOMISED ADAPTIVE
EQUIPMENT FOR SPORTS TRAINING**

Student doctorand,
TUNSOIU Nicolae

COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof. univ. dr. ing. Nicolae IONESCU	Universitatea POLITEHNICA din București
Conducător	Prof. univ. dr. ing. Cristian-Vasile DOICIN	Universitatea POLITEHNICA din București
Referent	Prof. univ. dr. ing. Ionel SIMION	Universitatea POLITEHNICA din București
Referent	Prof. univ. dr. ing. Cătălin FETECĂU	Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați
Referent	Prof. univ. dr. ing. Sever-Gabriel RACZ	Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu

CUPRINS

LISTĂ ABREVIERI	VI	VI
INTRODUCERE	VII	VIII
DEFINIȚII	VIII	IX
STRUCTURA ȘI CONȚINUTUL TEZEI	IX	XIII
JUSTIFICAREA ALEGERII TEMEI	IX	XV
 PARTEA I. STADIUL ACTUAL PRIVIND ECHIPAMENTELE PENTRU ANTRENAMENT SPORTIV CU MINGI		
CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL PRIVIND ECHIPAMENTELE PENTRU ANTRENAMENT SPORTIV CU MINGI		
	1	1
1.1. Statistici	1	1
1.2. Standarde și reglementări	2	5
1.3. Analiza pieței	2	9
1.3.1. Piața globală	3	10
1.3.2. Piața Europeană	3	11
1.3.3. Capacitatea pieței	3	11
1.3.4. Aria pieței	3	12
1.3.5. Structura pieței	4	12
1.4. Categoriile de produse sportive pentru sporturile cu mingi	4	13
1.5. Fabricația aditivă în sport	4	15
1.5.1. Statistici ale fabricației aditive	5	16
1.5.2. Echipamente sportive obținute prin fabricație aditivă	5	17
1.6. Concluzii	5	18
CAPITOLUL 2. STUDIUL SPORTURILOR CU MINGI	6	19
2.1. Antrenamente	6	19
2.2. Cercetare externă a echipamentelor	7	23
CAPITOLUL 3. OBIECTIVE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE	8	26
 PARTEA a II-a. CONTRIBUȚII PROPRII PRIVIND DEZVOLTAREA UNUI ECHIPAMENT ADAPTABIL PERSONALIZAT PENTRU ANTRENAMENT SPORTIV		
CAPITOLUL 4. ANALIZA CERINȚELOR UTILIZATORILOR ȘI STABILIREA SPECIFICAȚIILOR ECHIPAMENTULUI PENTRU ANTRENAMENT		
	9	28
4.1. Stabilirea cerințelor utilizatorilor	9	28
4.2. Colectarea datelor	9	29
4.2.1. Identificarea nevoilor clienților cu ajutorul interviului	9	29

4.2.2	<i>Identificarea nevoilor clienților</i>	9	31
4.3.	Produse concurente	10	36
4.3.1.	<i>Analiza produselor concurente</i>	10	37
4.3.2.	<i>Completarea tabelului de concurență</i>	10	49
4.4.	Stabilirea listei de mărimi caracteristice	10	41
4.5.	Stabilirea importanței relative a mărimilor	11	42
4.6.	Identificarea valorilor obiectiv	11	42
CAPITOLUL 5. ANALIZA FUNCȚIONALĂ ȘI PROIECTAREA PRELIMINARĂ A UNUI ECHIPAMENT DE ANTRENAMENT PENTRU SPORTURI CU MINGI		13	44
5.1.	Funcțiile echipamentului sportiv de aruncat mingi	13	44
5.1.1.	<i>Funcția generală</i>	13	44
5.1.2.	<i>Funcțiile principale</i>	13	45
5.2.	Funcții critice	14	46
5.3.	Generarea soluțiilor conceptuale	14	47
5.4.	Selectarea conceptului optim	15	58
5.4.1.	<i>Trierea conceptelor</i>	15	58
5.4.2.	<i>Evaluarea conceptelor</i>	16	59
5.5.	Arhitectura produsului	17	62
5.6.	Analiza economică	17	63
CAPITOLUL 6. PROIECTAREA DE DETALIU A UNUI ECHIPAMENT DE ANTRENAMENT PENTRU SPORTURILE CU MINGI		20	66
6.1.	Proiectarea sistemului de acționare	20	66
6.1.1.	<i>Proiectarea subansamblului de forță</i>	20	66
6.1.2.	<i>Proiectarea subansamblului de ajustare</i>	22	79
6.2.	Proiectarea sistemului de rezistență	23	83
6.2.1.	<i>Proiectarea subansamblului structurii</i>	23	83
6.2.2.	<i>Proiectarea subansamblului roților/elementelor de legătură cu solul</i>	24	87
6.3.	Proiectarea sistemului de înglobare	24	88
6.3.1.	<i>Proiectarea subansamblului carcasei</i>	24	88
6.3.2.	<i>Proiectarea subansamblului magaziei</i>	25	90
6.4.	Proiectarea sistemului de interfață	25	91
6.5.	Proiectarea ansamblului final	25	91
CAPITOLUL 7. MODELAREA ȘI SIMULAREA FUNCȚIONĂRII ANSAMBLULUI		26	92
7.1.	Definirea proceselor fizice	26	93
7.1.1.	<i>Componente critice</i>	26	93
7.1.2.	<i>Algoritm de simulare</i>	26	94
7.1.3.	<i>Rezultate</i>	28	96
7.2.	Determinarea unghiurilor de rotație ale paletelor	28	97
7.3.	Reprezentarea traiectoriilor 2D	29	102
7.4.	Reprezentarea traiectoriilor 3D	30	104
CAPITOLUL 8. FABRICAREA COMPONENTELOR ECHIPAMENTULUI PENTRU ANTRENAMENT		31	106
8.1.	Selecție procese	31	106
8.2.	Fabricarea componentelor mecanice	33	108

8.3.	Fabricarea componentelor aditive	33	110
8.3.1.	<i>Echipamentul și materialele folosite</i>	33	110
8.3.2.	<i>Fabricarea componentelor</i>	33	112
8.4.	Proiectarea sistemul electronic	35	120
8.4.1.	<i>Componentele electronice</i>	35	120
8.4.2.	<i>Circuitul electronic</i>	36	124
8.4.3.	<i>Schema logică</i>	38	126
8.4.4.	<i>Structura codului</i>	38	129
CAPITOLUL 9.	ASAMBLAREA ȘI TESTAREA PROTOTIPULUI		
	ECHIPAMENTULUI PENTRU ANTRENAMENT SPORTIV	39	138
9.1.	Asamblarea produsului	39	138
9.1.1.	<i>Asamblări demontabile</i>	39	138
9.1.2.	<i>Asamblări care transmit mișcarea</i>	40	140
9.1.3.	<i>Subansambluri din cadrul echipamentului obținute prin asamblare</i> ...	40	145
9.2.	Testarea produsului	41	148
9.2.1.	<i>Testarea software</i>	41	149
9.2.2.	<i>Testarea electronică</i>	41	150
9.2.3.	<i>Optimizarea prototipului</i>	42	153
CONCLUZII	.....	43	154
CONTRIBUȚII PROPRII	.....	44	155
DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	.....	44	157
BIBLIOGRAFIE	.....	45	158
LISTĂ FIGURI	.....	-	169
LISTĂ TABELE	.....	-	174
LISTĂ ANEXE	.....	-	175
ANEXE	.....	-	176

LISTĂ ABREVIERI

Nr. crt.	Abreviere	Denumire
1.	ABS	Acrilonitril butadien stiren (Acrylonitrile butadiene styrene)
2.	AFC	Confederația de Fotbal Asiatic (Asian Football Confederation)
3.	AM	Fabricație aditivă (Additive Manufacturing)
4.	CAD	Proiectare asistată de calculator (Computer Aided Design)
5.	CAF	Confederația de Fotbal African (Confédération Africaine de Football)
6.	CANMEBOL	Confederația Sudamericană de Fotbal (Confederación Sudamericana de Fútbol)
7.	CEN	Comitetul European de Standardizare (Conformité Européenne de Normalisation)
8.	CNC	Comandă numerică pe calculator (Computer Numerical Control)
9.	CONCACAF	Confederația de Fotbal de Nord, Centrală Americană și Caraibe (The Confederation of North, Central America and Caribbean Association football)
10.	CPU	Unitate centrală de procesare (Central processing unit)
11.	DMD	Depunere directă a metalelor (Direct Metal Deposition)
12.	FEA	Analiza Elementelor Einite (Finite Element Analysis)
13.	FEM	Metoda Elementelor Finite (Finite Element Method)
14.	FDM	Modelare prin depunere de material topit (Fused Deposition Modeling)
15.	FIFA	Federația Internațională de Fotbal (Fédération Internationale de Football Association)
16.	HIPS	Polistiren cu rezistență ridicată la impact (High Impact Polystyrene)
17.	MEX	Extrudare de material (Material extrusion)
18.	OFC	Confederația de Fotbal Oceania (Oceania Football Confederation)
19.	PET	Polietilen tereftalat (Polyethylene terephthalate)
20.	PLA	Acid polilactic (Polylactic acid)
21.	PVA	Alcool polivinil (Polyvinyl alcohol)
22.	PVC	Policlorură de vinil (Polyvinyl chloride)
23.	SBC	Computer cu o singură placă electronică (Single-Board Computer)
24.	SLA	Stereolitografie (Stereo-lithography)
25.	STL	Limbaj standard de creare a suprafețelor (Standard Template Library)
26.	TPU	Poliuretan termoplastic (Thermoplastic Polyurethane)
27.	UEFA	Uniunea Asociațiilor Europene de Fotbal (Union of European Football Associations)

INTRODUCERE

Teza de doctorat reprezintă rezultatul a aproximativ șase ani de activitate cu scopul proiectării și fabricării unui produs care să vină în ajutorul mai multor categorii de sportivi, de la profesioniști care se antrenează zilnic, la persoane care practică ocazional un sport care folosește o minge. Introducerea unui produs inovativ pe piața largă de desfacere, a implicat realizarea unui studiu de piață pentru identificarea potențialului pieței.

Pornind de la datele existente privind numărul sportivilor care practică sporturi cu mingi, teza de doctorat propune un demers pentru dezvoltarea de produse noi, în general și a unui echipament pentru antrenamentele sportive cu mingi, în particular. Produsul dezvoltat este destinat antrenamentelor fotbaliștilor care joacă pe diverse poziții în cadrul tacticii jocului, precum și pentru alte sporturi care implică utilizarea unei mingi de diverse dimensiuni. De asemenea, teza de doctorat urmărește etapele unei metodologii de dezvoltare a produselor noi, începând cu analiza nevoilor specifice domeniului de aplicare al produsului și terminând cu testarea și validarea prototipului. În teză se aduc contribuții atât în fazele de dezvoltare, stabilind de la specificațiile produsului dezvoltat, în care se ține cont de cerințele clienților rezultate în urma chestionării acestora, la determinarea arhitecturii produsului dezvoltat, alcătuit din sisteme independente din perspectiva proceselor de producție, la realizarea analizei economice, stabilind rentabilitatea procesului de producție a echipamentului pentru antrenamentele sportive cu mingi, până la proiectarea în detaliu, la determinarea pentru fiecare componentă a proceselor de fabricație, respectiv fabricarea unui prototip de echipament adaptabil pentru antrenamentele sportive cu mingi.

Apariția noilor tehnologii de fabricație aditivă a permis realizarea rapidă a componentelor și testarea acestora în prototipul final. Folosind aceleași tehnologii s-au obținut și componente cu geometrii complexe. Acest aspect a permis ca ansamblul final să conțină componente care au fost fabricate din materiale plastice, ceea ce va permite prototipului final al ansamblului echipamentului pentru antrenamente sportive să fie ușor de realizat / fabricat.

O parte din componente au fost prototipate în mai multe variante constructive. În urma validării fiecărei componente, acestea s-au asamblat și s-au testat pe prototip. În urma testelor, atât locale, pe anumite subansambluri critice, cât și generale, pe întreg prototipul produsului, s-a demonstrat funcționalitatea acestuia în urma căruia s-au făcut ultimele modificări pentru validarea produsului final.

După înlăturarea erorilor descoperite anterior, s-a trecut la etapa în care produsul a fost testat în practică de către un grup de utilizatori. Etapa aceasta presupune optimizarea echipamentului sportiv pentru anumite subansambluri critice, componente ale produsului, pentru a obține versiunea comercială. Ultima etapă înseamnă finalizarea testelor și lansarea produsului pe piață, dar și dezvoltarea serviciilor conexe.

Dezvoltarea echipamentului adaptabil personalizat pentru antrenament sportiv folosind noile tehnologii de fabricație, reprezintă un real ajutor pentru persoanele pasionate de sporturile cu mingi, ușurând munca persoanelor care îl folosesc.

Definiții

Antrenament

Antrenamentul sportiv ”reprezintă procesul pedagogic desfășurat sistematic și continuu gradat de adaptare a organismului omenesc la eforturile fizice și psihice intense în scopul obținerii unor rezultate înalte într-una din formele de practicare competitivă a exercițiilor fizice” [T01].

Dezvoltare de produs

Dezvoltarea produselor poate implica modificarea unui produs existent sau formularea unui produs complet nou care satisface dorința unui client nou definit sau nișa de piață [U02]. În continuare vom admite că dezvoltarea de produs reprezintă ansamblul activităților care începe cu identificarea unei nevoi și se încheie cu fabricarea, vânzarea și livrarea unui produs.

Proiectare

În teză proiectarea este elementul principal pe baza căruia se creionează echipamentul sportiv de aruncat mingi. Cu ajutorul proiectării se obțin concepte pe baza cărora se dezvoltă produsul final.

Proces de producție

Procesul de producție reprezintă ansamblu de activități desfășurate cu ajutorul mijloacelor de producție și a proceselor naturale, pentru transformarea organizată a obiectelor muncii în produse finite [I01].

În concepția autorului, procesul de producție este definit, în cadrul tezei, ca ansamblul de operații tehnologice folosite pentru transformarea materiei prime în produs finit.

Simulare

Simularea reprezintă un model de analiză a produsului proiectat, care are ca scop observarea efectelor asupra anumitor părți din ansamblu și evaluarea performanțelor existente [M09].

În lucrare se acceptă că simularea reprezintă metoda de verificare, folosind o aplicație software dedicată, din punct de vedere al deformării, a componentelor critice proiectate în cadrul ansamblului produsului.

Analiza elementelor finite

Analiza elementelor finite (FEA) reprezintă simularea unui fenomen fizic, folosind o tehnică matematică numerică denumită metoda elementelor finite (FEM) [E04]. În teză, analiza elementelor finite este folosită în cadrul simulărilor realizate pentru componentele critice și folosește metode matematice pentru realizarea simulărilor.

STRUCTURA ȘI CONȚINUTUL TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat este compusă din 9 capitole și 7 anexe, conținând 192 de figuri și 35 de tabele, prezentate în 240 de pagini.

În cadrul primului capitol, se prezintă informații generale despre stadiul actual al cererii de produse pentru antrenament sportiv și prevederile viitoare ale cererilor. În al doilea capitol, s-a efectuat o analiză a metodelor și tehnicilor folosite în cadrul antrenamentelor sporturilor cu mingi pentru a putea dezvolta modelul geometric al traiectoriilor necesare, care va fi folosit în dezvoltarea produsului. În al treilea capitol, s-a determinat obiectivul general al lucrării de doctorat, care constă în dezvoltarea unui echipament pentru antrenamentele sportive cu mingi și, de asemenea, s-au determinat obiectivele specifice care vor conduce la obținerea rezultatelor precise. În al patrulea capitol, s-au evaluat cerințele clienților, ca mai apoi cerințele au fost schimbate în specificații. În capitolul al cincilea, se prezintă elemente privind determinarea funcției generale a produsului și a funcțiilor primare. Pornind de la funcțiile critice ale produsului și de la rezultatele cercetării externe s-au elaborat concepte ce au fost analizate și cel mai performant a fost dezvoltat în etapele următoare. În capitolul al șaselea, s-a pornit de la modelul geometric întocmit în contextul cercetărilor din prezenta lucrare și s-a proiectat fiecare element necesar realizării echipamentului sportiv. În capitolul al șaptelea, s-au validat componentele proiectate anterior prin simularea funcționalităților și a analizei cu elemente finite pentru componentele critice. În capitolul al optulea, s-au obținut prin fabricație aditivă componentele personalizate și au fost achiziționate componentele standardizate. În capitolul al nouălea, s-au prezentat pașii de asamblare ai sistemelor din cadrul prototipului și integrarea lor în ansamblul final.

JUSTIFICAREA ALEGERII TEMEI

Sportul este domeniul în care oamenii pasionați de mișcare sunt pregătiți de antrenori sau practică aceste activități pe cont propriu. Practicarea sportului aduce după sine și nevoia de echipament sportiv, începând de la îmbrăcămintea sportivă și până la materialele necesare pentru un antrenament complet.

La nivel global, numărul mare de jucători de fotbal profesionist sau de amatori necesită existența unui dispozitiv pentru antrenament cu ajutorul căruia își pot dezvolta abilitățile de lovire și de prindere a mingii din diferite direcții.

Am ales să dezvolt un echipament pentru antrenamentele sportive cu mingi deoarece în domeniul sportului există o serie de nevoi pentru care nu s-au realizat cercetări și există o cerere mare de echipamente sportive și de asemenea pentru a satisface nevoia și cererea de acest tip de echipamente la nivel național și continental.

CAPITOLUL 1

STADIUL ACTUAL PRIVIND ECHIPAMENTELE PENTRU ANTRENAMENT SPORTIV CU MINGI

Rezultatele de performanță obținute de sportivi se datorează, în principal, antrenamentelor pe care aceștia le realizează înainte de participarea la competiție. Pentru realizarea unui antrenament de succes, antrenorul are nevoie de echipamente menite să îi ușureze munca și să poată acorda timp suficient de pregătire jucătorilor. De exemplu, în cadrul fotbalului, un antrenor trebuie să execute nenumărate lovituri de minge pentru exersarea unor tehnici de antrenament. Astfel, dezvoltarea unui echipament sportiv automatizat care poate să arunce mingea cu o viteză și o traiectorie dorită de utilizator este utilă în activitatea unui antrenor.

1.1. Statistici

Fotbalul este un sport de echipă care se dispută între două echipe alcătuite din 11 jucători fiecare. La începutul secolului al XXI-lea era jucat de peste 250 de milioane de jucători în peste 200 de țări, ceea ce îl face cel mai popular sport din lume [G05]. În ultima publicație FIFA Big Count din 2007, s-a constatat că un procent de 10% din totalul jucătorilor de fotbal îl reprezintă genul feminin (Fig. 1.1)[F01].

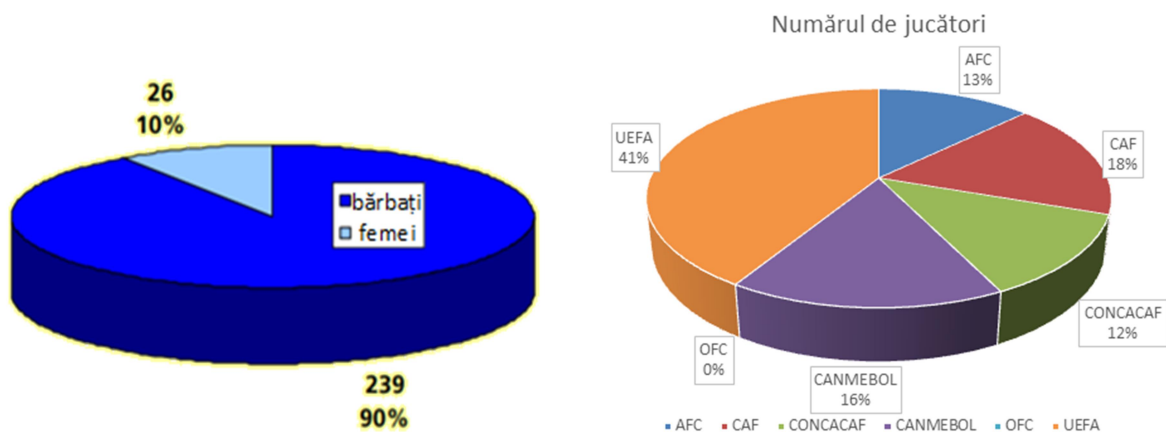


Fig. 1.1. Distribuția în funcție de gen, milioane [F01] **Fig.1.2.** Numărul jucătorilor pe confederații [I03]

Fotbalul este un sport mondial care este practicat pe toate continentele, iar cei mai mulți jucători sunt din Asia și Europa, conform ultimelor statistici publicate de FIFA în 2019 (Fig. 1.2).

Din punct de vedere geopolitic, fotbalul este printre primele 10 sporturi mondiale care se joacă pe toate continentele. Cele mai dominante continente în care fotbalul este jucat, dar și privit de mai bine de 600 de milioane de suporterți anual sunt: America de Sud, Europa și Africa (Fig. 1.3).

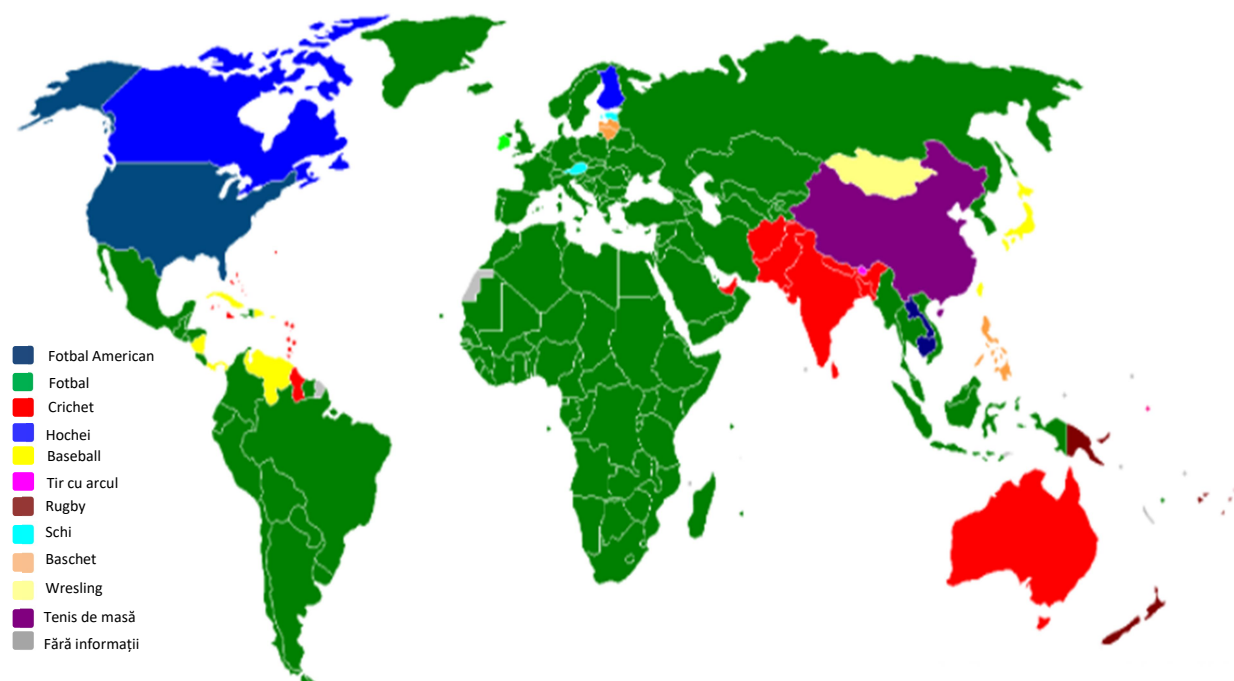


Fig. 1.3. Harta lumii cu sporturile principale [D05]

La nivel local, în cadrul Universității POLITEHNICA din București, funcționează clubul sportiv universitar Știința București. Acesta este un club studențesc formator, care se adresează tinerilor aflați în căutarea unei dezvoltări personale complete, prin școală și sport. Asemenea universităților americane și vest-europene, Știința București și-a propus să transforme studenții ambițioși în sportivi cu performanțe, iar pe sportivii ambițioși în indivizi preocupați și de carieră și de formarea lor profesională

1.2. Standarde și reglementări

Unul dintre standardele CEN în care se regăsesc câteva elemente despre echipamentele necesare desfășurării jocului de fotbal și a testării lor este: CEN/TC 136/WG 22 - „Echipament pentru gimnastică și teren de joc” cu referința EN 748:2013+A1:2018 - „Echipamente de teren de joc. Porțile de fotbal. Cerințe funcționale și de siguranță, metode de încercare”.

Sporturile cu mingi sunt, în general, destul de periculoase, ceea ce implică aplicarea unor standarde pentru protecția jucătorilor. În acest sens, Comisia Europeană a creat Directiva 89/686/CEE – „Echipamentul individual de protecție”.

1.3. Analiza pieței

Înainte de dezvoltarea unui produs, producătorul trebuie să se informeze despre piața pe care acționează acesta, adică să efectueze o analiză de detaliu a pieței. Produsele sportive care fac obiectul actelor de vânzare-cumpărare se prezintă într-o mare diversitate, iar condițiile de confruntare a cererii cu oferta sunt diferite în timp și spațiu și pot fi descompuse în segmente de piață.

1.3.1. Piața globală

Fotbalul este un joc cu un istoric lung care a început oficial în secolul al XIX-lea în Marea Britanie. Despre piața producătoare de echipamente de aruncat mingi, se poate discuta din anul 1995, când firma Sports Attack și-a început activitate în Reno (SUA) [P09].

Vânzarea echipamentului a început în Statele Unite unde un număr mare de licee și colegii au achiziționat echipamentul pentru orele de antrenament din cadrul programului școlar.

1.3.2. Piața Europeană

În prezent, în Europa se regăsesc doar companii care au la vânzare echipamente sportive pe care le achiziționează de la producătorii americani.

1.3.3. Capacitatea pieței

Pentru a analiza capacitatea pieței se vor lua în considerare doar echipele de fotbal de nivel profesionist care sunt organizate în cadrul FIFA. În cadrul fiecărei confederații se regăsește un anumit număr de cluburi profesionale de fotbal (Fig. 1.4). În fruntea clasamentului se regăsește UEFA cu un număr de 1567 de cluburi, urmată de CAF cu 682 de cluburi, iar la distanță de doar un club se află AFC cu 681 de cluburi [I03]. Capacitatea pieței este dată de numărul de cluburi profesionale de fotbal care se antrenează constant și pot avea nevoie de echipamentul prezentat. După cum se poate observa, cel mai mare număr de cluburi de fotbal din lume este în Europa, ceea ce înseamnă o plajă variată.

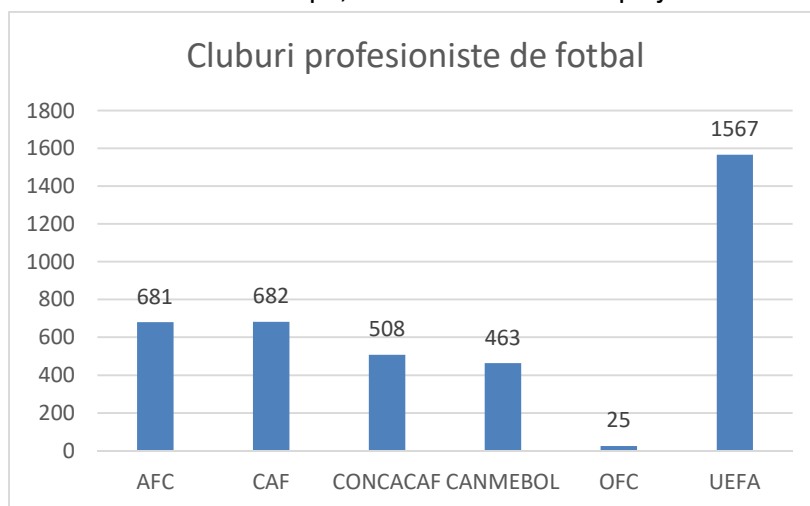


Fig. 1.4. Numărul cluburilor profesionale de fotbal [I03]

1.3.4. Aria pieței

Piața pentru vânzarea echipamentului de aruncat mingi de fotbal are o dimensiunea spațială bine definită, și anume: America de Sud, Europa, Asia și Africa.

1.3.5. Structura pieței

Analizând toate caracteristicile pieței de desfacere pentru vânzarea unui echipament pentru antrenament de fotbal, se poate observa că piața din Europa este primul loc unde comercializarea ar avea un real impact.

1.4. Categoriile de produse sportive pentru sporturile cu mingi

Realizarea optimală a ansamblului obiectiv - antrenament - performanță implică diferiți factori aparținând domeniului fizic, tehnic, tactic, psihologic și social. Pregătirea fizică constituie spațiul metodologic care etalează abordarea specifică a antrenamentului sportiv [C13]. Un antrenament reușit necesită folosirea unor produse sportive care ușurează munca și oferă multiple beneficii. Cele mai folosite echipamente sunt pentru acțiunile de trecere printre jucători, pasare și tragere în anumite unghiuri sau direcții.

1.5. Fabricația aditivă în sport

Un proces de fabricație aditivă (FA) începe cu generarea unui model tridimensional (3D), prin utilizarea aplicațiilor de proiectare asistată de calculator (CAD). Modelul CAD - 3D este salvat într-un format standard de tip *.STL (Standard Tessellation Language). Aplicația software utilizată divizează formatul *.STL în straturi individuale, pe care le transferă apoi ca instrucțiuni individuale către echipamentul de fabricație aditivă. [U01].

FDM este o tehnologie care presupune depunerea stratificată a unui material plastic topit, de tip filament, cu ajutorul unei duze încălzite (Fig. 1.5) [U01].

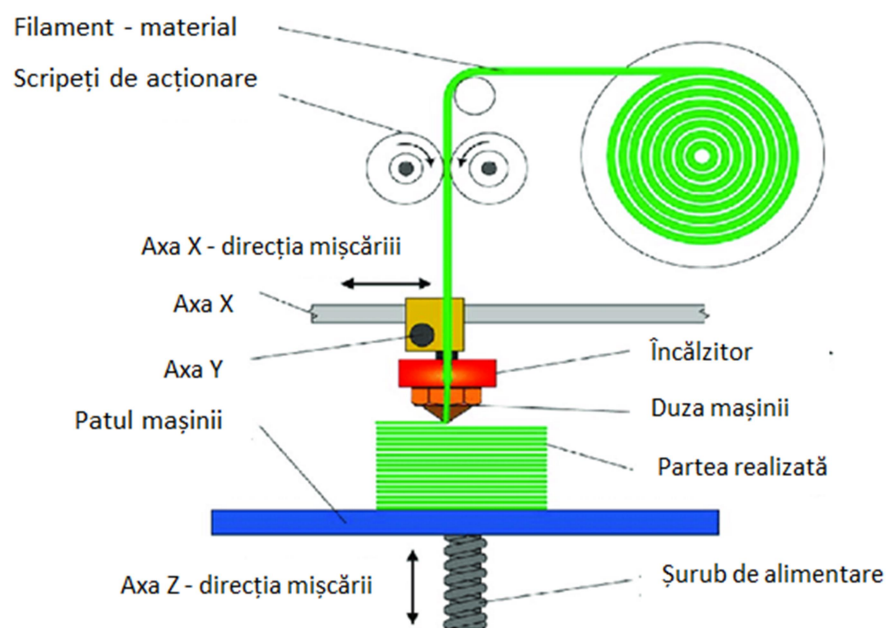


Fig. 1.5. Sistemul FDM [A02]

1.5.1. Statistici ale fabricației aditive

Fabricația aditivă este implementată în mult mai multe industrii, așa cum se poate observa în Fig. 1.6. Industria principală care utilizează fabricația aditivă, cu un procent de 23%, este reprezentată de industria bijuteriilor, urmată de industria jucăriilor cu un procent similar, însă se observă că și industria sportului începe să valorifice fabricația aditivă în realizarea echipamentelor sportive.

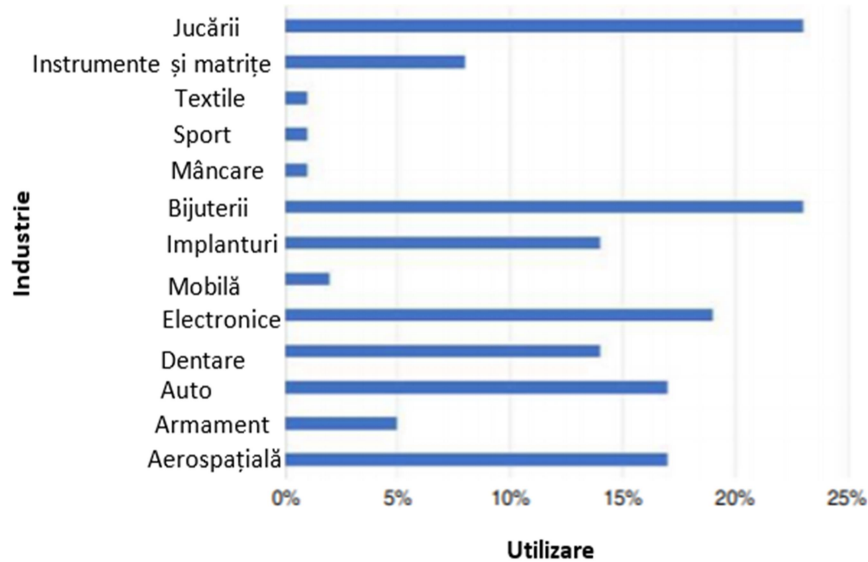


Fig. 1.6. Utilizarea fabricației aditive în industrie [M04]

1.5.2. Echipamente sportive obținute prin fabricație aditivă

În sport, cerințele și preferințele clienților evoluează rapid. Piața aflată într-o schimbare rapidă conduce la o concurență ridicată. Utilizarea tehnologiilor aditive poate avea un impact semnificativ asupra duratei întregului ciclu de dezvoltare, comercializare și lansare a produsului [M02]. Unele dintre cele mai cunoscute echipamente sportive realizate prin fabricație aditivă sunt protecția pentru nas, casca de protecție și proteza de picior.

1.6. Concluzii

În acest capitol s-a prezentat analiza stadiului actual al sporturilor cu mingi și echipamentele necesare dezvoltării unui jucător profesionist. În urma statisticilor realizate despre fotbal s-a constatat că acesta este jucat în peste 200 de țări, cu un număr de peste 3900 de cluburi și peste 128.000 de jucători profesioniști. Având în vedere numărul mult mai mare de pasionați de fotbal, se poate afirma faptul că o persoană care își dorește să devină jucător profesionist trebuie să parcurgă multe ore de antrenament și de joc fizic în teren. Creșterea cererii pe piața producătoare de echipamente de aruncat mingi a contribuit la dezvoltarea subiectului aceste teze.

CAPITOLUL 2

STUDIUL SPORTURILOR CU MINGI

Sporturile cu mingi sunt printre cele mai populare activități sportive din lume, apărute în urmă cu peste 2000 ani [G07]. Participarea jucătorilor, de ambele genuri, la sporturile cu mingi, conduce la creșterea numărului de antrenamente și a efortului depus de antrenori pentru a-i pregăti fizic.

2.1. Antrenamente

Antrenamentul sportiv nu este o descoperire recentă. În antichitate, oamenii se antrenau sistematic în scopuri militare sau sportive. Și astăzi sportivii se antrenează pentru a realiza un anumit scop. Fiziologic, scopul este de a îmbunătăți funcțiile organismului și de a optimiza performanța sportivă [B04].

În continuare se prezintă mai multe tipuri de antrenamente, atât pentru partea defensivă, cât și cea ofensivă, pentru jucătorii de câmp:

a) Loviturile de la colțurile terenului

Lovitura de colț este executată de către un jucător de câmp care trimite mingea spre careul de 16 metri, pentru a exersa atât faza defensivă, și anume cum să se poziționeze jucătorii pentru a putea respinge mingea, cât și faza ofensivă, cu scopul de a înscrie.

b) Centrările în careul de 16 metri

Centrările în careul de 16 metri sunt foarte des întâlnite în fotbal, fiind necesare antrenamente atât pe faza defensivă, când fundașii trebuie să îndepărteze pericolul, cât și pe faza ofensivă, când scopul este de a înscrie în poarta adversă.

c) Mingi aeriene pentru antrenarea atacanților și a fundașilor

Una dintre fazele importante pentru atacanți și fundași sunt mingile lungi transmise din diferite zone ale terenului, care trebuie să fie preluate, în special de către atacanți sau respinse de către fundași.

d) Exerciții de contraatac

În fotbal există mai multe tipuri de tactici care sunt abordate de diferite echipe. Una dintre aceste tactici este contraatacul. Aceasta presupune ca, imediat după recuperarea mingii în propria jumătate de teren, aceasta să fie transmisă direct către atacanți, care pleacă în viteză spre poarta adversă.

e) Exerciții de atac și apărare

Acest tip de antrenament este asemănător cu centrările în careul de 16 metri, diferența fiind că, de această dată, participă la fază și fundașii.

f) Exerciții pentru antrenarea controlului și recepția paselor

După cum se poate observa în Fig. 2.6, au loc 3 tipuri de exerciții: pase scurte la nivelul solului, pase din voleu, dar și lovituri de cap către coechipier; toate având scopul de a antrena controlul dar și recepția paselor.

Fotbalul este jucat cu 10 jucători de câmp și un portar. Având în vedere faptul că antrenamentul este cheia succesului pentru jucătorii de câmp, dar și pentru portari, în continuare se prezintă tipuri de antrenamente cu mingea specifice portarilor, precum:

a) Lovituri într-o singură zonă

În cadrul acestui tip de exercițiu, jucătorii de câmp trebuie să șuteze în aceeași zonă a porții pentru a pregăti portarul, fiind totodată un antrenament bun și pentru ei, obișnuindu-se astfel să cadreze loviturile.

b) Lovituri la înălțime joasă, medie sau înaltă

Antrenamentul portarilor presupune un efort deosebit din partea antrenorilor de portari, mai ales când vine vorba despre antrenamentele individuale, fie că vorbim despre lovituri la înălțime joasă, fie că este vorba despre lovituri la înălțime medie sau înaltă.

c) Lovituri de pedeapsă

Loviturile de pedeapsă sau loviturile de la 11 metri, pot fi decisive în cadrul unui joc, astfel ele trebuiesc pregătite cu atenție. După cum se poate observa în Fig. 2.9, un jucător sau antrenorul de portari, execută o lovitură de la 11 metri, scopul fiind acela de a dezvolta anumite reflexe ale portarului.

d) Antrenarea reacțiilor rapide la șuturile puternice

Reflexul poate fi unul dintre punctele forte ale unui portar. În Fig. 2.11 se poate observa cum antrenorul aruncă mingea către un jucător aflat în apropierea porții, care lovește mingea puternic, din voleu, iar portarul cu un reflex senzațional, reușește să pareze lovitură primită.

Se poate observa că antrenarea jucătorilor de câmp și a portarilor în cadrul fotbalului este o activitate complexă, care necesită dexteritate și timp de pregătire din partea antrenorilor. De la lovituri simple, la lovituri îndepărtate și complexe, persoana care execută are nevoie de multe ore de antrenamente pentru o precizie cât mai bună. Complexitatea antrenamentelor crește odată cu performanțele jucătorilor și a echipei.

2.2. Cercetarea externă a echipamentelor

Pentru toate tipurile de antrenamente prezentate anterior, cea mai bună soluție o reprezintă echipamentele de aruncat mingi. Acestea funcționează aruncând sau lovind mingea, permițând exersarea mult mai ușoară și mai precisă a tuturor exercițiilor. Obiectivul principal al acestor tipuri de echipamente este acela de a ajuta jucătorii să își perfecționeze abilitățile. Până în prezent au fost brevetate mai multe tipuri de astfel de echipamente.

CAPITOLUL 3

OBIECTIVE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE

Studiul privind dezvoltarea unui echipament adaptabil pentru antrenament sportiv care aruncă mingi de fotbal pentru diferite antrenamente are la bază, în principal, proiectarea și construcția unui echipament care folosește o metodă nouă de lovire a mingii, față de celelalte echipamente existente, modului de lansare a mingii, prin lovire cu o paletă cu formă asemănătoare cu laba piciorului.

Teza de doctorat are ca obiectiv principal dezvoltarea unui echipament sportiv de aruncat mingi (de fotbal, handbal, futsal etc.), bazat pe un principiu inovator, care se poate folosi atât în cadrul unui antrenament cu jucătorii, cât și cu portarii.

Elementele de referință metodologică sunt reprezentate de următoarele etape și analizează mai multe aspecte, care se constituie drept obiective specifice:

- Analiza stadiului actual al echipamentelor de aruncat mingi, cu precădere pentru fotbal și analiza pieței pentru a se putea observa volumul necesar de echipamente. S-a studiat piața echipelor de fotbal din toată lumea;
- Documentarea antrenamentelor de fotbal și a tehnicilor folosite, pentru a putea implementa traiectoriile dorite ale mingilor;
- Studiarea brevetelor existente și extragerea ideilor generale de funcționare a unui nou echipament;
- Realizarea mai multor concepte pentru proiectarea unui echipament nou și inovativ și aplicarea unei metode pentru selectarea conceptului optim.
- Definirea procesului de funcționare a echipamentului sportiv, calculul traiectoriilor și dimensionarea motoarelor componente;
- Cercetarea pieței și calculul costului produsului care se dorește a fi dezvoltat;
- Proiectarea de detaliu a echipamentului de aruncat mingi, atât la nivel de 2D, cât și 3D.
- Simularea solicitărilor unor piese din ansamblul obținut pentru a se observa rezistența pe care o oferă echipamentului sportiv.
- Analiza și utilizarea unei tehnologii de fabricație aditivă pentru realizarea componentelor personalizate ale prototipului dezvoltat;
- Construcția echipamentului de aruncat mingi cu ajutorul a două tipuri de componente: fabricate aditiv și achiziționate;
- Testarea echipamentului rezultat și aducerea unor îmbunătățiri necesare unei bune funcționări; Pe baza rezultatelor obținute în urma testelor, s-au adus modificări structurale unele subansambluri componente;
- Prezentarea dezvoltărilor viitoare pentru echipamentul obținut.

CAPITOLUL 4

ANALIZA CERINȚELOR UTILIZATORILOR ȘI STABILIREA SPECIFICAȚIILOR ECHIPAMENTULUI PENTRU ANTRENAMENT

Dezvoltarea produselor se referă, de regulă, la etapele implicate în evoluția unui produs de la concept sau idee, la fabricare, lansare pe piață și mai departe până la retragerea de pe piață și casare.

Cerințele clienților au fost obținute prin colectare de date cu ajutorul unor formulare care conțineau întrebări specifice privind funcționalitatea și aspectul produsului. Pe baza răspunsurilor primite s-au selectat principalele cerințe exprimate de utilizatori.

4.1. Stabilirea cerințelor utilizatorilor

Procesul de dezvoltare a unui produs nou pornește de la nevoile utilizatorilor. În cele mai multe cazuri, produsele dezvoltate trebuie să respecte cerințele utilizatorilor pentru a putea fi vândute.

Potențiala piață pentru vânzarea produsului dezvoltat este reprezentată de către cluburi sportive, antrenori privați, persoane fizice care sunt pasionate de sporturile cu mingi și doresc să se antreneze individual și companii de echipamente sportive.

Prima etapă în dezvoltarea produsului o reprezintă "Identificarea nevoilor clienților" [T13]. Identificarea nevoilor clienților presupune determinarea produsului dorit de clienți și este esențială pentru întregul proces [U02].

4.2. Colectarea datelor

S-a considerat oportun să se colecteze date brute necesare clienților prin două metode: Interviu (15 interviuri) și formular Google (15 formulare) [T13].

4.2.1. Identificarea nevoilor clienților cu ajutorul interviului

Interviurile se derulează pe baza unui Ghid de interviu, unde întrebările sunt structurate în 4 secțiuni. Fișa de interviu constă în 4 seturi de întrebări a câte 3 întrebări fiecare și este completată de persoane pasionate de fotbal și reprezentanți ai unor cluburi de fotbal existente.

4.2.2. Identificarea nevoilor clienților

Interpretarea tuturor informațiilor colectate de la clienți, atât prin intermediul chestionarului Google, cât și prin fișa de interviu, este esențială pentru a transforma nevoile în caracteristici. Nevoile identificate de clienți sunt utilizate pentru a defini specificațiile

exacte ale produselor, pentru a genera și selecta concepte de produs pentru dezvoltarea ulterioară. Pe baza nevoilor identificate și a analizei produselor concurente se vor realiza diferite concepte pentru echipamentul de antrenament.

4.3. Produse concurente

Specificațiile produselor prezintă în detaliu precis și măsurabil ce trebuie să facă un produs pentru a satisface nevoile identificate ale clienților. Ele nu explică modul de abordare a acestor nevoi ale clienților, dar prezintă mai degrabă ceea ce se încearcă pentru a satisface nevoile. În mod ideal, specificațiile sunt stabilite la începutul fazei de dezvoltare a produsului și sunt urmărite în etapele de proiectare și inginerie.

4.3.1. Analiza produselor concurente

În prezent, pe piață se regăesc 8 echipamente de aruncat mingi cu diferite prețuri, detaliate în cadrul tezei.

4.3.2. Completarea tabelului de concurență

Produse cu funcții similare cu produsul ales au fost selectate pentru analiza comparativă. Pentru a observa produsele concurente existente a fost efectuată o cercetare de marketing. Caracterizarea produselor concurente se face pe baza următoarelor criterii: controlul mingii, funcții dezvoltate, caracteristici tehnice principale.

4.4. Stabilirea listei de mărimi caracteristice

O etapă importantă a procesului de dezvoltare a produsului este reprezentată de determinarea specificațiilor produsului (Tab. 4.1) [T13]. Proiectarea conceptuală a produsului și a arhitecturii sale se face pe baza acestor valori, care sunt determinate în funcție de specificațiile produselor concurente, astfel încât să asigure un avantaj competitiv.

Tab. 4.1. Determinarea cerințelor [T10]

Cerințe		Mărimi																	
		Modular	Avertizare sonoră	Controlat de la distanță	V. max. de tragere	Distanța de tragere	Tensiunea de alimentare	Protecție umiditate	Masa	Dimensiuni totale	Frecvența de lansare	Tipul sistemului de aruncare	Sistem de depozitare a mingilor	Programabil	Garanție	Viteza unghiulară	Setarea mărimii mingilor	Configurare direcție	Preț
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Poate fi folosit pentru diferite dimensiuni de minge											•	•					•	
2	Este ușor de utilizat			•								•		•					
3	Simulează corect situațiile din viața reală			•	•	•				•						•		•	
4	Este suficient de stabil în timp ce lucrează							•	•										
5	Oferă o puternică structură de rezistență								•						•				
6	Este ușor de manipulat							•	•										
7	Este inovator	•										•		•					
8	Are o mare eficiență				•	•	•		•	•			•	•				•	•
9	Este sigur de utilizat		•				•	•											
10	Oferă o notificare înainte de lansarea fiecărei mingi		•																
11	Are o proiectare atractivă	•							•										
12	Are un preț accesibil																		•
13	Are o productivitate mare			•	•	•				•		•	•						
14	Poate fi programat			•										•				•	
15	Este modular	•																	
16	Are o viteză mare de tragere				•	•						•				•			
17	Lansează la o distanță mare			•	•	•						•							

4.5. Stabilirea importanței relative a mărimilor

Importanța relativă a mărimilor trebuie să fie în strânsă corelație cu importanța relativă a cerințelor primare caracterizate. Astfel, o valoare care caracterizează o cerință primară de importanță relativă 5, va prelua același nivel de importanță.

4.6. Identificarea valorilor obiectiv

Valorile limită și valorile ideale ale fiecărei mărimi (Tab. 4.2) sunt stabilite în funcție de obiectivul ideal, anume cel mai bun rezultat posibil, iar valorile limită sunt stabilite ca valori care să permită ca produsul să fie viabil din punct de vedere comercial [T13].

Tab. 4.2. Valori limită

Nr.	Nr. Cerințelor	Mărimea	Importanța relativă	Unități	Valoarea limită	Valoarea ideală
1	7,11,15	Modular	5	Da/Nu	2 module	4 module
2	9,10	Funcția de avertizare sonoră	3	Da/Nu	Da	Da, funcție ON/OFF
3	2,3,13,14,17	Controlat de la distanță	4	Da/Nu	Da, distanță > 2 m	Da, distanță > 10 m
4	3,8,13,16,17	Viteza maximă de tragere	5	Km/h	100	140
5	3,8,13,16,17	Distanța de tragere	5	m	50	80
6	8,9	Tensiunea de alimentare	5	V	220	220
7	9	Protecție împotriva umidității	5	Da/Nu	Da	Da
8	4,6	Masa	4	Kg	120	30
9	4,5,6,8,11	Dimensiuni de gabarit	4	mm	1200x1000x800	500x600x500
10	3,8,13	Frecvență de lansare	5	Mingi/min	5	30
11	1,2,7,16,17	Tipul sistemului de aruncare	3	Tip	Roți/discuri	Roți
12	1,8,13	Sistem de depozitare a mingilor	5	Da/Nu	Fără sistem de depozitare	Da, cu 20 de mingi
13	2,7,8,13,14	Programabil	3	Da/Nu	Da	Da
14	5	Garanție	3	Nr. ani	2	5
15	3,16	Viteză unghiulară	4	Da/Nu	Da	Da
16	1	Setarea mărimii mingilor	5	Da/Nu	Da, mărimea 5	Da, mărimile 3,4 și 5
17	3,8,14	Configurarea direcției	5	Da/Nu	Da	Da
18	8,12	Preț	4	€	7000€	2200€

CAPITOLUL 5

ANALIZA FUNCȚIONALĂ ȘI PROIECTAREA CONCEPTUALĂ A UNUI ECHIPAMENT DE ANTRENAMENT PENTRU SPORTURI CU MINGI

Analiza funcțională reprezintă un demers ce constă în descrierea completă a funcțiilor și a relațiilor dintre ele. Rezultatul este o sistematizare, o ierarhizare și o validare a funcțiilor [U01]. Se realizează analiza funcțională pentru echipamentul de aruncat mingi, generând concepte pe baza specificațiilor obținute în capitolul anterior.

5.1. Funcțiile echipamentului sportiv de aruncat mingi

Stabilirea funcțiilor produselor contribuie la realizarea unor concepte pentru produsul dezvoltat și aplicarea unei metodologii pentru selecția conceptului optim. Pe baza matricei de selecție realizată se selectează cel mai bun concept care va fi analizat din punct de vedere economic.

5.1.1. Funcția generală

Nevoia identificată de a avea un echipament sportiv de aruncat mingi cu viteze și direcții controlabile de către utilizator, precum și cerințele potențialilor clienți, au condus la stabilirea funcției generale a produsului. Astfel, funcția generală a produsului este de a lansa mingi cu viteze și în direcții diferite.

5.1.2 Funcțiile principale

În urma unui proces de analiză asupra funcției generale a produsului vor rezulta funcțiile principale și apoi cele secundare. Funcțiile principale permit îndeplinirea serviciului în diferite stadii ale produselor în ciclul lor de viață [U01]. Funcțiile principale ale echipamentului de antrenament pentru sporturi cu mingi sunt listate în Tab. 5.1:

Tab. 5.1. Principalele funcții [T10]

<i>Numărul funcției</i>	<i>Funcțiile principale ale produsului</i>
\emptyset_1	A configura direcția
\emptyset_2	A configura viteza de tragere
\emptyset_3	A configura viteza unghiulară
\emptyset_4	A programa frecvența de tragere
\emptyset_5	A depozita mingile
\emptyset_6	A seta dimensiunea mingii
\emptyset_7	A se fixa pe suprafața de contact
\emptyset_8	A avea structură modulară
\emptyset_9	A seta starea operațiunii de semnalizare
\emptyset_{10}	A transporta în și din terenul de antrenament

5.2. Funcții critice

Stabilirea funcțiilor critice se face prin ierarhizarea funcțiilor principale cu ajutorul matricei de ierarhizare care se obține prin compararea funcțiilor principale între ele, două câte două și se acordă o pondere în funcție de importanța funcției. În urma analizei matricei de ierarhizare și a ponderilor funcțiilor au fost stabilite funcțiile critice (Tab 5.2).

Tab. 5.2. Funcții critice [T10]

Numărul funcției	Funcția critică a produsului	Pondere
\emptyset_1	A configura direcția	0.161054
\emptyset_2	A configura viteza de tragere	0.168375
\emptyset_3	A configura viteză unghiulară	0.139092
\emptyset_5	A depozita mingile	0.102489
\emptyset_6	A seta dimensiunile mingii	0.131772
\emptyset_8	A avea structură modulară	0.086603

5.3. Generarea soluțiilor conceptuale

Ținând seama de caracteristicile necesare echipamentului, arhiva soluțiilor are un volum foarte mare de variante, care nu pot fi analizate în totalitate. Astfel, au fost selectate posibile soluții conceptuale care pot fi analizate. În urma selecției și prin înmulțirea numărului total de soluții conceptuale de pe fiecare criteriu, s-au obținut: $3 \times 3 \times 7 \times 2 \times 4 = 504$ soluții conceptuale care ar trebui analizate [T10].

În urma realizării arhivei de soluții conceptuale, echipamentele pentru antrenament sportiv au fost structurate pe baza a 5 caracteristici principale și anume: alimentarea cu energie, capacitatea sistemului de depozitare, tipul sistemului de depozitare, stabilirea intervalelor de lansare și lansarea mingilor. Toate acestea au fost elementele principale pe baza cărora au fost realizate conceptele, concepte integrale realizate pentru aplicarea metodologiei de selecție optimă de unde rezultă conceptul analizat în detaliu în cadrul acestei teze.

9. Conceptul I

Caracteristicile conceptului I se observă în Tab. 5.3.

Tab. 5.3. Conceptul I

Alimentarea dispozitivului	Capacitatea sistemului de stocare	Tipul sistemului de stocare	Stabilirea intervalelor de lansare	Lansarea mingii
Alimentare cu curent alternativ sau continuu	Capacitate pentru mai multe mingi	Spiral + Rostogolire	Intervale programabile	Lovire

Echipamentul (Fig. 5.1) este alimentat cu energie electrică, fie de la rețeaua electrică (220 V), fie dintr-un acumulator de 24 Vcc; echipamentul va conține un sistem de depozitare care va avea o capacitate de stocare de 20 de mingi, atât în cuva superioară (1), cât și pe toboganul în spirală (2). Programarea echipamentului se va face folosind interfața programabilă, iar sistemul de lansare este alcătuit dintr-o paletă (7) care simulează mișcările naturale ale piciorului, astfel se imprimă mingii traiectoria dorită [T10]. Mingea este trimisă din cuvă (1) pe tobogan (2) spre zona de poziționare, unde se oprește într-un opritor care este acționat de rotirea paletelor. Atunci când paleta (7) este comandată, opritorul se coboară și mingea părăsește echipamentul prin gura de evacuare (5). Pentru o mobilitate cât mai bună, echipamentul este poziționat pe 4 roți (6) și poate fi deplasat cu ajutorul celor două mânere (3) de o parte și de alta a carcasi inferioare (4). Carcasa inferioară (4) înglobează partea mecanică și motoarele care acționează paleta (7).

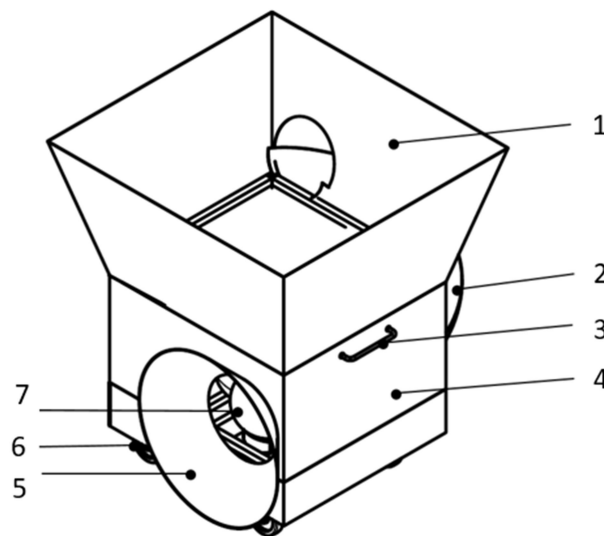


Fig. 5.1. Conceptul I [T10]

5.4. Selectarea conceptului optim

În continuare, se va alege conceptul optim care va fi dezvoltat pe viitor. În vederea alegerii optime se folosește o metodologie care conține două etape:

- a. Trierea conceptelor
- b. Evaluarea conceptelor

5.4.1. Trierea conceptelor

În cadrul etapei de triere a conceptelor sunt analizate cele 9 concepte integrale ale produsului care urmează a fi dezvoltat, obținute la etapa de generare a acestora. În urma etapei de generare a conceptelor au rezultat nouă concepte ale produsului. Pentru fiecare criteriu de triere, au fost stabilit gradul de satisfacere a acestuia de către fiecare concept prin comparație cu conceptul de referință.

5.4.2. Evaluarea conceptelor

În continuarea procesului de evaluare a conceptelor s-a realizat matricea de evaluare a conceptelor selectate (Tab. 5.4). S-au ales 4 concepte integrale A, C, H și I. Ca urmare a evaluării conceptelor, a rezultat faptul că, conceptul I se află pe rangul 1, cu un scor total de 3,33, acesta urmând a fi analizat în vederea dezvoltării.

Tab. 5.4. Matricea de evaluare a conceptelor

Criteriul de selecție	Pondere	Concepte							
		A		C		H		I	
		Evaluări	Pondere	Evaluări	Pondere	Evaluări	Pondere	Evaluări	Pondere
1.	10								
1.1.	5	3	0.15	3	0.15	3	0.15	3	0.15
1.2.	5	4	0.2	4	0.2	3	0.15	3	0.15
2.	20								
2.1.	6	1	0.06	1	0.06	3	0.18	4	0.24
2.2.	4	2	0.08	2	0.08	3	0.12	4	0.16
2.3.	3	4	0.12	4	0.12	3	0.09	3	0.09
2.4.	3	4	0.12	4	0.12	3	0.09	3	0.09
2.5.	4	2	0.08	2	0.08	3	0.12	4	0.16
3.	10								
3.1.	3	1	0.03	1	0.03	3	0.09	3	0.09
3.2.	3	2	0.06	3	0.09	3	0.09	2	0.06
3.3.	4	2	0.08	4	0.16	3	0.12	3	0.12
4.	15								
4.1.	2	4	0.08	5	0.1	3	0.06	3	0.06
4.2.	2	4	0.08	5	0.1	3	0.06	3	0.06
4.3.	2	5	0.1	4	0.08	3	0.06	3	0.06
4.4.	4	1	0.04	2	0.08	3	0.12	4	0.16
5.	10								
5.1.	5	2	0.1	2	0.1	3	0.15	4	0.20
5.2.	5	1	0.05	1	0.05	3	0.15	3	0.15
6.	10								
6.1.	5	5	0.25	4	0.2	3	0.15	3	0.15
6.2.	5	5	0.25	4	0.2	3	0.15	3	0.15
7.	10								
7.1.	4	3	0.12	4	0.16	3	0.12	3	0.12
7.2.	3	2	0.06	5	0.15	3	0.09	4	0.12
7.3.	3	3	0.09	4	0.12	3	0.09	3	0.09
8.	20								
8.1.	10	2	0.2	1	0.1	3	0.3	4	0.4
8.2.	5	4	0.2	4	0.2	3	0.15	3	0.15
8.3.	5	3	0.15	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Scorul total		2.75		2.88		3		3.33	
Rang		4		3		2		1	

5.5. Arhitectura produsului

Arhitectura produsului dezvoltat va fi formată din 4 sisteme: de acționare, de rezistență, de înglobare și de interfațare (Fig. 5.2). Fiecare sistem are un rol foarte bine definit în cadrul ansamblului mare al echipamentului de aruncat mingi [T10].

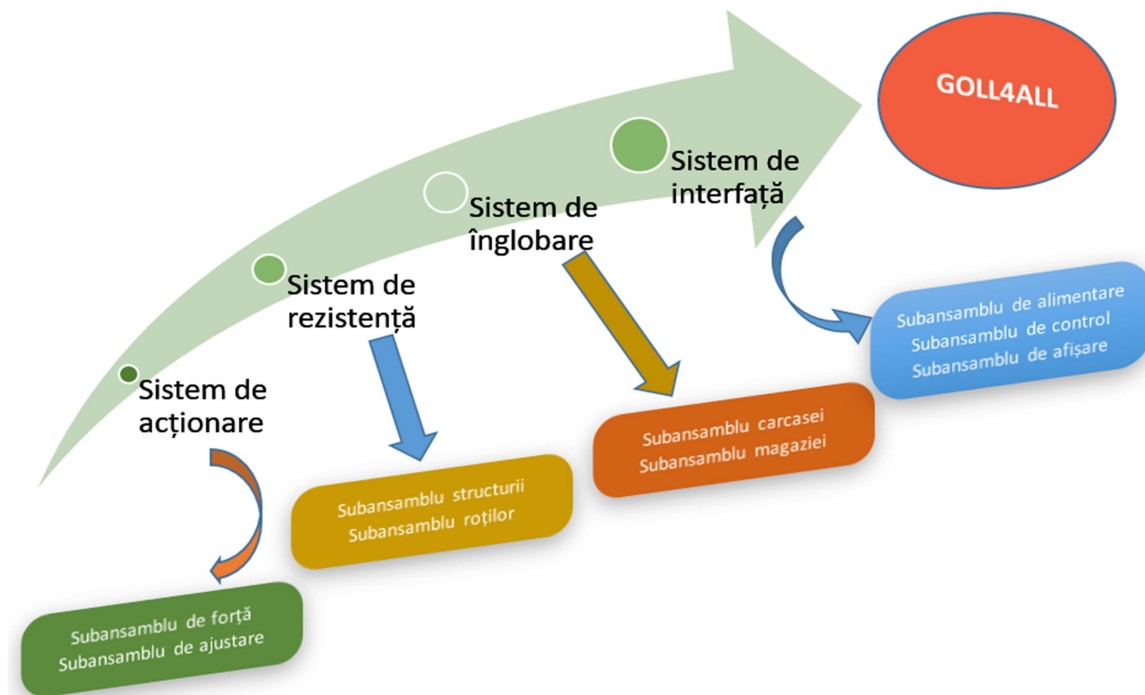


Fig. 5.2. Arhitectura produsului [T10]

5.6. Analiza economică

Analiza economică presupune cercetarea unui fenomen sau proces din punct de vedere economic, ceea ce implică corelativ, evidențierea eforturilor dimensionate prin consumul de resurse materiale, umane și financiare, cât și a efectelor, circumscrise rezultatelor ca valori sociale utile [R09].

Stabilirea prețurilor pentru produsele achiziționate din magazine a fost făcută prin căutare avansată pe site-urile online ale diferitelor magazine și alegerea produsului la un preț mic și calitate necesară. Pentru produsele fabricate pe mașini-unelte cu comandă numerică (CNC) sau prin fabricație aditivă, au fost calculate prețurile conform metodologiei prezentate în teză.

În Tab 5.5 este prezentat costul pentru fiecare componentă a echipamentului de antrenament pentru sporturi cu minge, atât pentru piesele achiziționate din magazine, cât și pentru piesele fabricate din oțel, tablă sau realizate prin imprimare 3D. Costul total al prototipului dezvoltat este de 4295 RON.

Tab. 5.5. Lista produselor

Sistem	Subansamblu	Componentă	Cantitate	u.m.	Preț unitar	Preț total
Acționare	Forță	Motor principal	1	buc.	497	497
		Motor secundar	2	buc.	130	260
		Bucșă ancorare	1	buc.	69.67	69.67
		Bucșă elastică ID 15	1	buc.	10	10
		Rulment RA ID 15	1	buc.	5	5
		Arbore antrenare	1	buc.	78	78
		Rulment ID 15	1	buc.	5	5
		Braț antrenare	1	buc.	39.86	39.86
		Roată dințată 1	2	buc.	40	80
		Roată dințată 2	2	buc.	40	80
		Rulment ID 10	2	buc.	5	10
		Paletă	1	buc.	99	98.94
		Șurub M12	6	buc.	2.19	13.14
		Piuliță M12	6	buc.	0.38	2.28
		Șurub M5	8	buc.	0.13	1.04
		Șurub M5	8	buc.	0.13	1.04
		Piuliță M5	16	buc.	0.04	0.64
	Ajustare	Motor secundar 2	1	buc.	370	370
		Șurub conducător	1	buc.	410	410
		Bucșă elastică	1	buc.	10	10
Distanțator		4	buc.	8	32	
Placă		1	buc.	67.84	67.84	
Opritor		2	buc.	28.75	57.5	
Flanșă de prindere		1	buc.	44.04	44.04	
Șurub M6		4	buc.	0.17	0.68	
Piuliță M6		4	buc.	0.06	0.24	
Rezistență	Structură	Profil 25x25	9	m	1.01	9.09
		Corniere	24	buc.	3.5	84
		Șurub M5	48	buc.	0.13	6.24
		Piuliță M5	48	buc.	0.04	1.92
	Roți	Roată	4	buc.	7.3	29.2
		Șurub M8x15 mm	16	buc.	0.36	5.76
Înglobare	Carcasă	Mâner	2	buc.	38	76
		Platou	1	m ²	35.11	35.11
		Carcasă inferioară	1	m ²	35.11	35.11
		Carcasă superioară	1	m ²	35.11	35.11

	Magazie	Cavitate	1	m ²	35.11	35.11
		Ghidaj	1	m ²	35.11	35.11
		Tobogan de mingi	2	m	50	100
		Cot PVC pentru tobogan	2	buc.	71.2	142.4
Interfață	Alimentare	Cablu alimentare	3	buc.	11	33
		Transformator	1	buc.	29.75	29.75
		Sursa motoare 1Nm	1	buc.	215	215
		Sursa opritoare	1	buc.	49	49
		Sursa motor 9Nm	1	buc.	245	245
	Control	Driver motor 9Nm	1	buc.	355	355
		Raspberry Pi 4	1	buc.	279	279
		Card microSD	1	buc.	49	49
		Driver motor 1Nm	2	buc.	35	70
		Accelerometru și giroscop	1	buc.	15	15
		Releu 2 canale	1	buc.	7	7
	Afișare	Afișaj	1	buc.	74.97	74.97

CAPITOLUL 6

PROIECTAREA DE DETALIU A UNUI ECHIPAMENT DE ANTRENAMENT PENTRU SPORTURILE CU MINGI

În acest capitol se prezintă toate elementele necesare pentru realizarea fizică a produsului dezvoltat. De asemenea, se analizează echipamentul pe fiecare subansamblu proiectat. Ansamblul final este structurat pe subansambluri și sisteme, conform arhitecturii prezentate în capitolul precedent.

6.1. Proiectarea sistemului de acționare

Proiectarea echipamentului începe cu sistemul de acționare, cu ajutorul căruia se pot lovi mingi de diferite dimensiuni, care este compus din două subansambluri (Fig. 6.1):

- ✓ Subansamblul de forță (1)
- ✓ Subansamblul de ajustare (2)

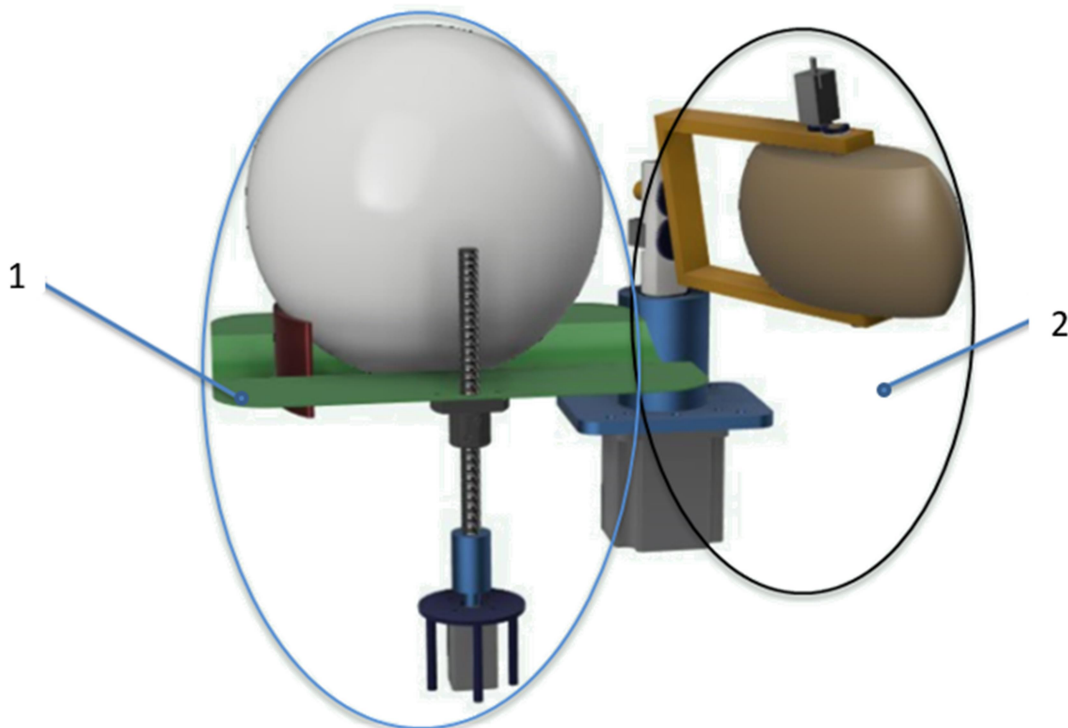


Fig. 6.1. Sistemul de acționare

6.1.1. Proiectarea subansamblului de forță

Subansamblul de forță este folosit pentru lovirea mingii cu ajutorul paletei, Fig. 6.2.

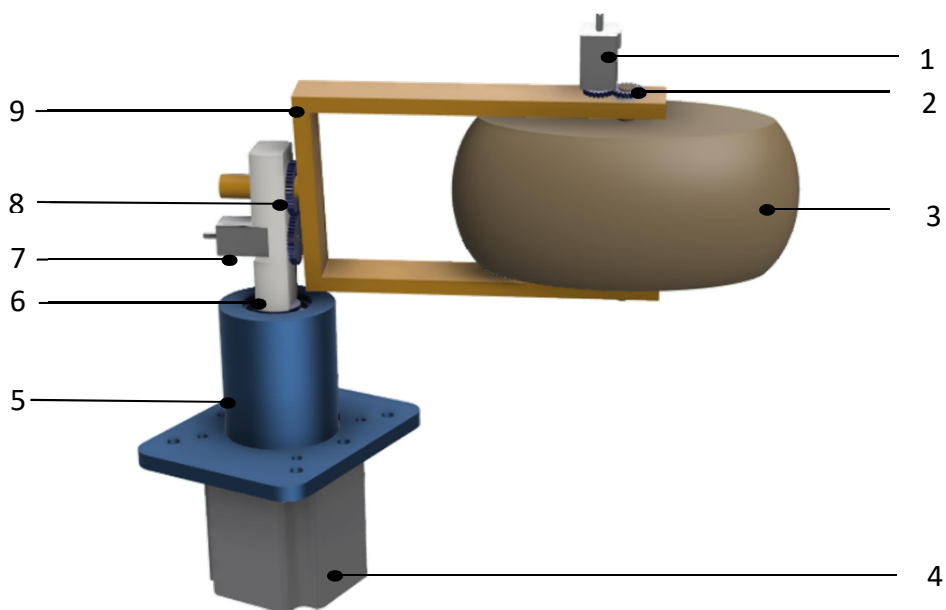


Fig. 6.2. Subansamblul de forță

a. Motorul principal

Alegerea corectă a motorului a fost făcută după calcularea forței necesare pentru acționarea subansamblului de forță, care va imprima o viteză și o direcție stabilită mingii.

b. Motorul pentru ghidarea direcției

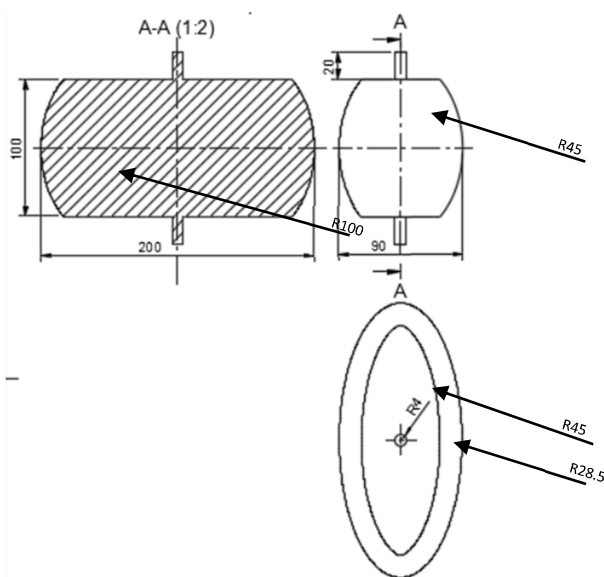
Un jucător de fotbal poate lovi mingea în foarte multe puncte, astfel încât traiectoria acesteia să depindă de punctul de contact dintre picior și minge. Pentru ca echipamentul dezvoltat să poată lovi mingea în diferite puncte, se vor folosi două motoare pas cu pas, deoarece acestea oferă o precizie de poziționare ridicată.

c. Paleta

Paleta are rolul de a lovi mingea, viteza și direcția fiind stabilite de utilizator. Paleta este acționată de motorul principal, putând face o rotație de 360° în jurul arborelui de antrenare, Fig. 6.3.



a) Model 3D



b) Dimensiuni

Fig. 6.3. Paletă

d. Brațul de antrenare

Brațul de antrenare (Fig. 6.4) are rolul de a susține și de a orienta în planul xOy paleta. A fost conceput în funcție de paleta de lovire și de motorul secundar care acționează paleta în planul xOz.

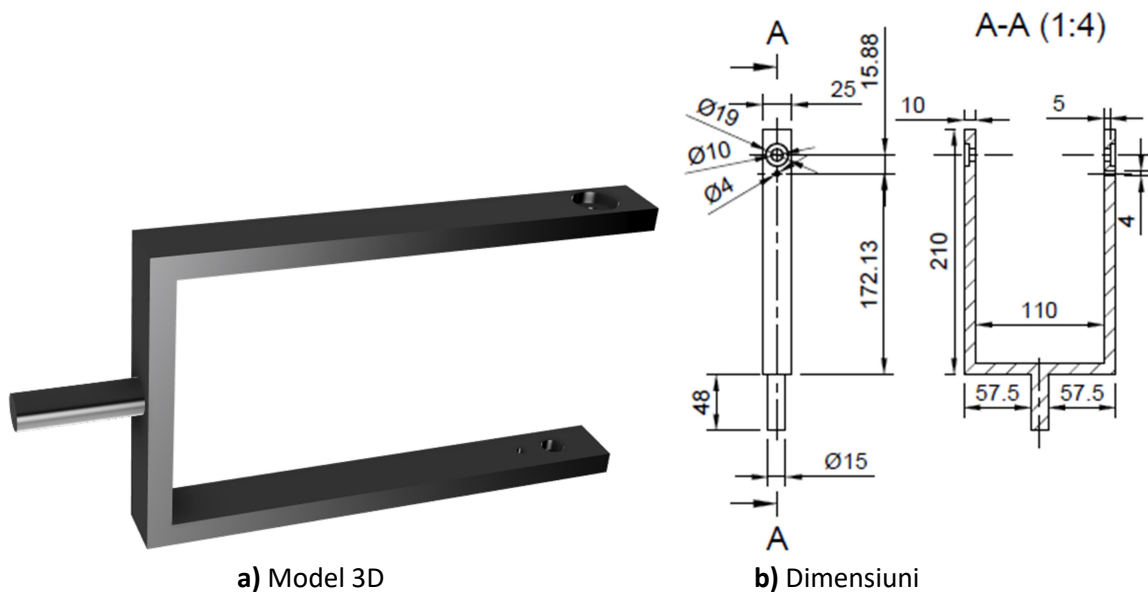


Fig. 6.4. Braț de antrenare

e. Arborele de antrenare

Arborele de antrenare are rol de legătură între motorul principal și brațul de antrenare.

f. Bucșa de ancorare

Bucșa de ancorare este proiectată astfel încât să poată fi asamblată cu motorul principal pentru a-l susține prin prinderea de țevile pătrate aflate în centrul structurii de rezistență.

g. Roțile dințate

În cadrul produsului dezvoltat, se vor folosi roțile dințate pentru transmiterea forței de la motoarele secundare către brațul de antrenare, respectiv către paletă.

h. Bucșa elastica

Bucșa elastică este folosită pentru transmiterea momentului de torsiune între axul motorului și arborele de antrenare.

i. Rulmenți

Rulmenții, în general, susțin și ghidează elementele oscilante și de rotație ale utilajelor - cum ar fi arbori, punți sau roți - și transferă sarcinile între componentele utilajelor [R11].

6.1.2. Proiectarea subansamblului de ajustare

Subansamblul de ajustare este folosit pentru a poziționa diferite tipuri de mingi la înălțimea dorită, astfel încât paleta să poată lovi mingea în punctele dorite de utilizator. Subansamblul de ajustare este format dintr-o placă (4) care susține mingea care se oprește

în opritor (5). Pentru a putea lovi diferite dimensiuni de mingi, placa (4) poate să coboare și să urce cu ajutorul unui șurub conducător (1) care este acționat de un motor (3). Motorul este susținut de flanșa de prindere (2) care este poziționată pe carcasa inferioară, Fig. 6.5.

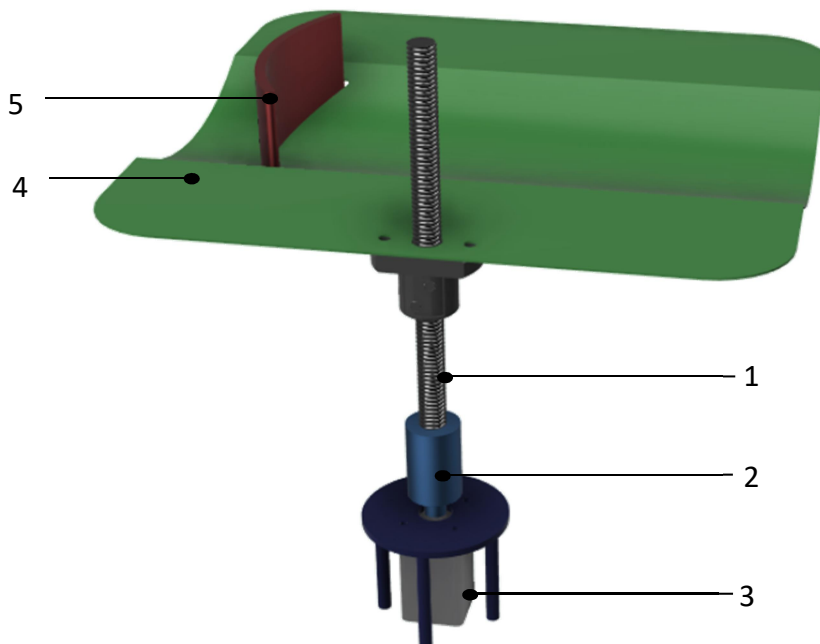


Fig. 6.5. Subansamblul de ajustare

6.2. Proiectarea sistemului de rezistență

Sistemul de rezistență este reprezentat de cadrul echipamentului dezvoltat, care va fi folosit pentru prinderea subansamblului de înglobare. Este proiectat pentru a oferi produsului o ușoară mobilitate și o stabilitate cât mai mare.

6.2.1. Proiectarea subansamblului structurii

Subansamblul structurii este format din țevi cu secțiune pătrată de dimensiune 30 x 30 mm (STAS 6086-80), care se prind la colțuri cu cornier și șuruburi cu piuliță. Acestea îi oferă stabilitate echipamentului de aruncat mingi și va fi folosit pentru prinderea carcaselor exterioare.

Calculul de rezistență se efectuează în domeniul elastic astfel încât piesa să capete o durată de viață mult mai mare. Cum tensiunea admisibilă (σ_a) pentru un oțel structurat este de 120 MPa rezultă că este îndeplinită condiția de rezistență $\sigma_{max} < \sigma_a$, iar pentru calculul de dimensionare se determină valoarea optimă a modului de rezistență axial. Se aplică condiția de rezistență $\sigma_{max} \leq \sigma_a$.

$$\text{Dacă } \sigma_a = 120 \text{ MPa} \Rightarrow \sigma_{max} = \frac{M_{imax}}{W_y} \Rightarrow W_y = \frac{M_{imax}}{\sigma_{max}} = \frac{3910,87}{120} = 32,59 \text{ mm}^3$$

Se observă că la valoarea lui $W_y = 32,59 \text{ mm}^3$ în structură se atinge o tensiune egală cu tensiunea admisibilă. Valoarea lui $W_y = 32,59 \text{ mm}^3$ corespunde unei secțiuni transversale cu dimensiuni mult mai mici față de țeava pătrată de dimensiune 30 x 30 mm.

6.2.2. Proiectarea subansamblului roților / elementelor de legătură cu solul

Subansamblul roților / elementelor de legătură cu solul este folosit pentru a deplasa relativ ușor echipamentul dezvoltat. Acest subansamblu este compus din 4 roți așezate în colțurile carcsei inferioare și 16 șuruburi M8x15 mm pentru prindere.

6.3. Proiectarea sistemului de înglobare

Sistemul de înglobare include majoritatea carcșelor care sunt prinse pe cadrul metalic al echipamentului, cu scopul de a oferi un grad de siguranță ridicat produsului dezvoltat.

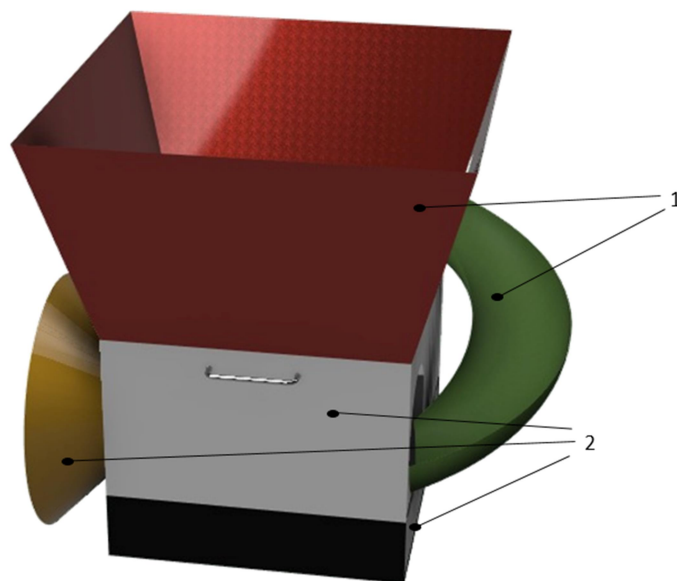


Fig. 6.6. Sistemul de înglobare

6.3.1. Proiectarea subansamblului carcșei

Subansamblul carcșei este realizat pentru a oferi echipamentului dezvoltat un aspect plăcut și o formă ergonomică.

a. Mâner

Mânerele sunt folosite pentru tractarea cât mai ușoară a produsului.

b. Platou (platformă fixă)

Platforma fixă este folosită pentru a susține sistemul de acționare al produsului. În Fig. 6.31 este prezentată forma platformei proiectate 3D.

c. Carcasa inferioară

Carcasa inferioară este realizată pentru prinderea roților, dar și pentru înglobarea elementelor electronice folosite, acesta fiind cel mai important aspect în alegerea dimensiunilor.

d. Carcasa superioară

Carcasa superioară (Fig. 6.7) are rol de protecție pentru utilizator, în interiorul ei aflându-se sistemul de acționare a echipamentului dezvoltat.

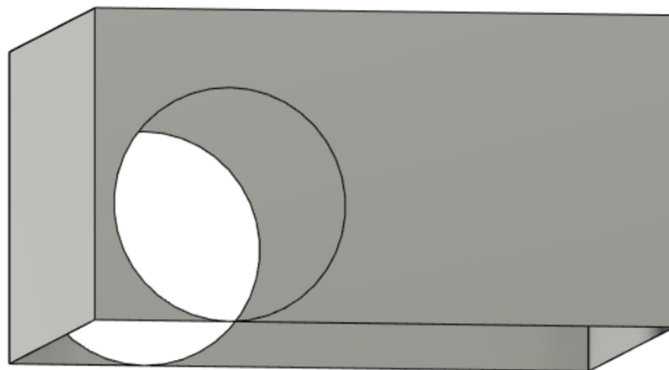


Fig. 6.7. Carcasa superioară

6.3.2. Proiectarea subansamblului magaziei

Subansamblul magaziei asigură stocarea unui număr mare de mingi, ceea ce oferă utilizatorului posibilitatea de a se antrena un timp mai îndelungat.

6.4. Proiectarea sistemului de interfață

Sistemul de interfață este compus din subansamblul de alimentare, de control și de afișaj.

6.5. Proiectarea ansamblului final

Asamblând toate sistemele prezentate se va obține produsul care va fi dezvoltat în totalitate până la finalul acestei lucrări. În Fig. 6.8 se poate observa atât vederea frontală, cât și cea dorsală a echipamentului dezvoltat cu elementele componente.

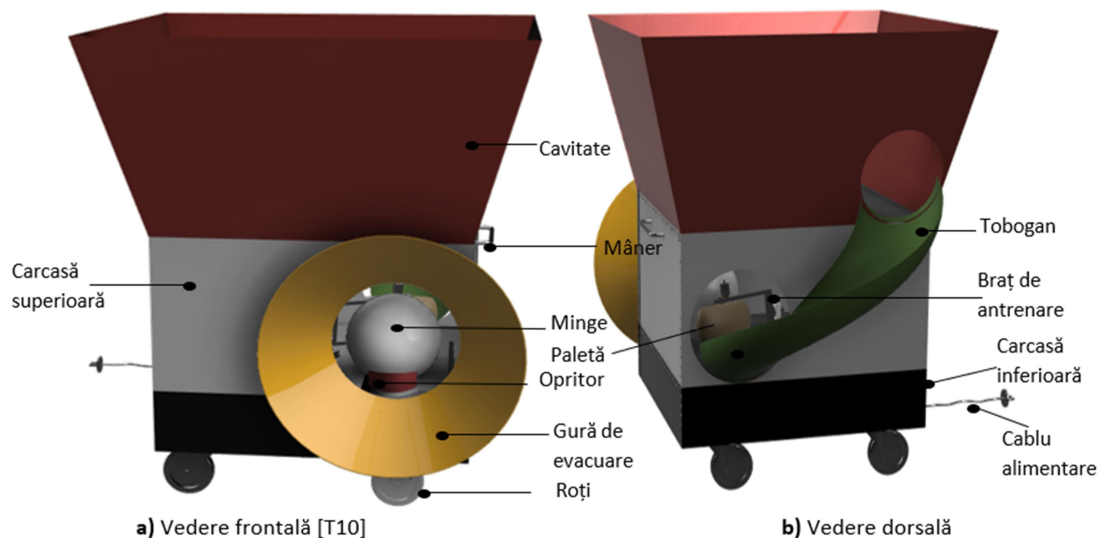


Fig. 6.8. Echipament sportiv de aruncat mingi – model 3D

CAPITOLUL 7

MODELAREA ȘI SIMULAREA FUNCȚIONĂRII ANSAMBLULUI

Dezvoltarea noilor tehnologii și a aplicațiilor de proiectare și simulare a oferit posibilitatea inginerilor să modeleze numeric produse inovative pe care să le poată observa cum funcționează cu ajutorul simulatoarelor.

7.1. Definirea proceselor fizice

7.1.1. Componentele critice

Analizând ansamblul final, se dorește realizarea unor simulări statice pentru câteva elemente critice ce vor fi solicitate în cadrul mișcării de lovire a mingii: paleta, brațul și arborele de antrenare. Elementele critice fac parte din subansamblul de forță cu ajutorul căruia se realizează lovirea mingii și reprezintă cea mai importantă parte a echipamentului.

În cadrul analizei cu elemente finite elementele critice sunt supuse unui moment egal cu momentul maxim dezvoltat de motoare, de 10 Nm. Fiecărui element i se va aplica același algoritm de simulare, considerând că piesele sunt realizate din material plastic – PET, așa cum s-a utilizat pentru fabricarea prototipului.

7.1.2 Algoritm de simulare

Paleta

În urma simulării, se poate observa că factorul minim de siguranță este 15 (Fig. 7.1), ceea ce demonstrează că paleta este rezistentă la condițiile impuse.

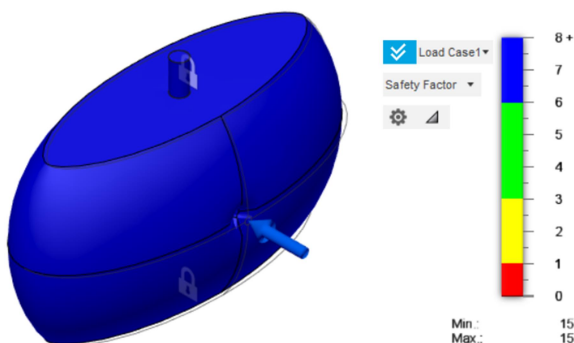


Fig. 7.1. Simularea gradului de siguranță [T10]

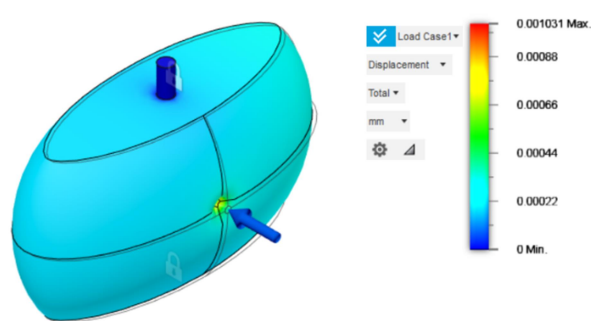


Fig. 7.2. Simularea deformării paletei [T10]

Se poate observa că gradul maxim de distorsionare al acesteia este de 0.001 mm (Fig. 7.2), ceea ce înseamnă că forța aplicată nu va avea niciun efect negativ asupra deformării paletei și implicit asupra traiectoriei de deplasare a mingii.

Brațul de antrenare

Al doilea element critic ce va fi supus simulării este brațul de antrenare.

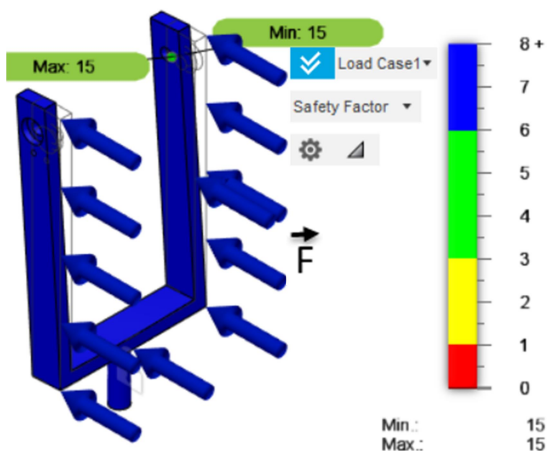


Fig. 7.3. Simularea gradului de siguranță

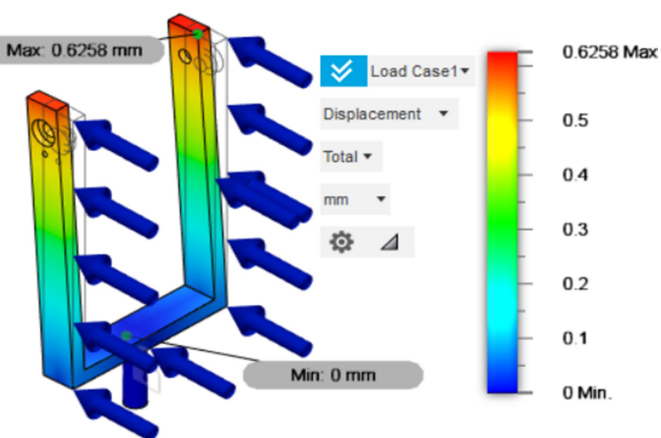


Fig. 7.4. Simularea deformării brațului de antrenare

În urma simulării se poate observa faptul că brațul de antrenare are un factor de siguranță minim de 15 (Fig. 7.3), ceea ce înseamnă că va rezista condițiilor impuse, iar deplasarea maximă a brațului de antrenare este de 0.6258 mm (Fig. 7.4) în partea superioară a brațelor, ceea ce înseamnă că nu va influența traiectoria de mișcare a mingii.

Arbore de antrenare

Al treilea element critic care va fi supus simulării statice este arborele de antrenare, care face legătura între motorul principal și brațul de antrenare.

În urma analizei cu elemente finite se poate observa că factorul de siguranță are o valoare minimă de 6,96 (Fig. 7.5), iar deformarea maximă este de 0,2 mm (Fig. 7.6), aceasta putând fi compensată din mișcările motorului și nu influențează traiectoria de mișcare a mingii.

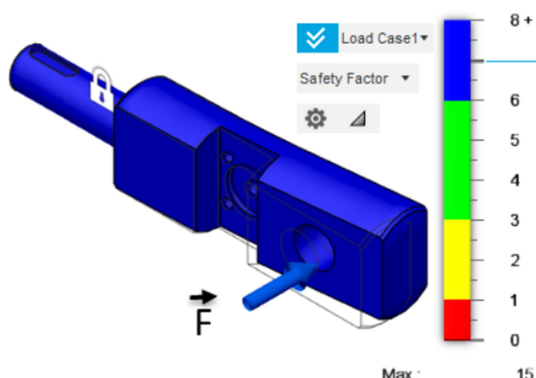


Fig. 7.5. Simularea gradului de siguranță

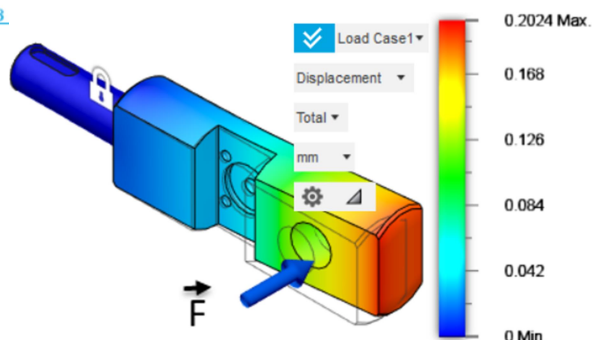


Fig. 7.6. Simularea deformării arborelui de antrenare

7.1.3 Rezultate

În urma simulărilor realizate pentru cele trei elemente critice, obținute prin fabricație aditivă cu filament de tip PET, s-a constatat că acestea rezistă la condițiile impuse și materialele alese pentru fabricare sunt conforme.

7.2. Determinarea unghiurilor de rotație ale paletelor

Pentru a determina unghiul de rotație al paletelor în cele două plane de lucru, astfel încât traiectoria mingii să lovească punctul *dorit*, se consideră originea sistemului de referință în punctul $O(0, 0, 0)$ acesta fiind poziționat și fixat în centrul porții de fotbal, aflat la aceeași înălțime cu centrul mingii ce se află în echipamentul sportiv Fig (7.7).

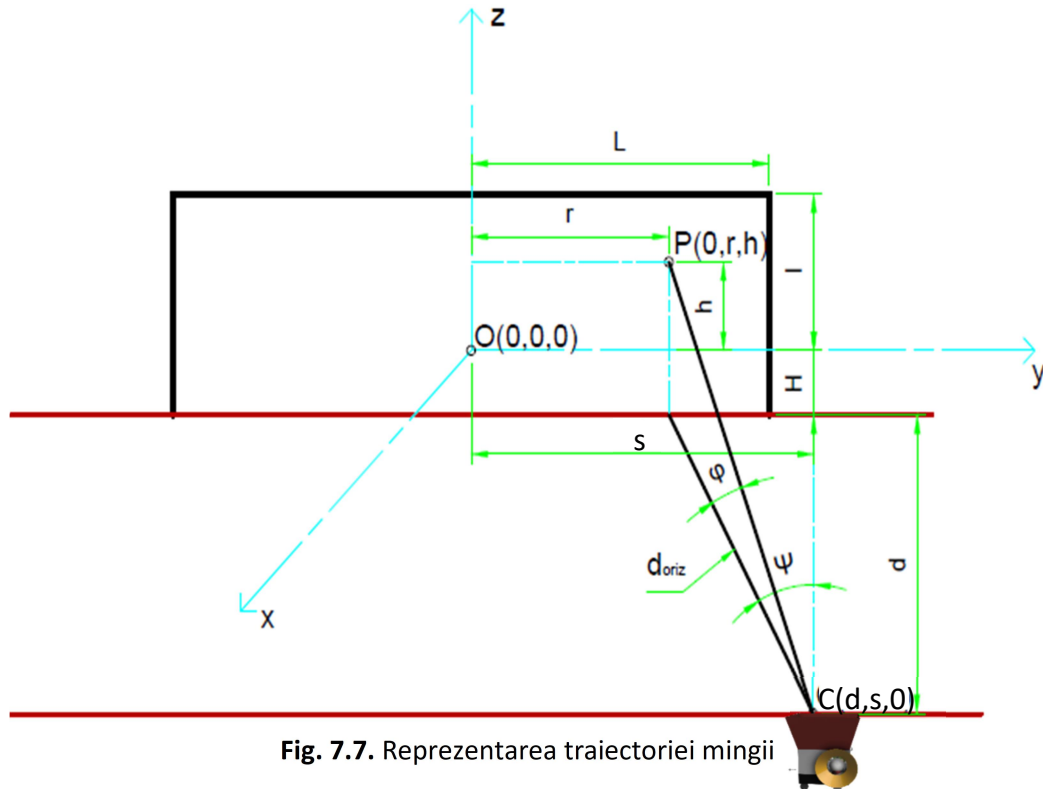


Fig. 7.7. Reprezentarea traiectoriei mingii

În urma calculelor matematice pentru aflarea unghiurilor de rotație se obțin următoarele formule:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{-Rs \cdot (\phi)}{\sqrt{(a \sin(\theta) \cos(\sigma))^2 + (c \cos(\theta))^2}}\right) - \arcsin\left(\frac{c \cos(\theta)}{\sqrt{(a \sin(\theta) \cos(\sigma))^2 + (c \cos(\theta))^2}}\right) \quad (7.1)$$

$$\beta = \arcsin\left(\frac{p \cos(\alpha) - q \sin(\alpha)}{\sqrt{p \cos(\alpha) - x \sin(\alpha)^2 + q^2}}\right) - \arcsin\left(\frac{\|u \theta x u \sigma\| * \cos(\varphi) * \cos(\psi)}{\sqrt{p \cos(\alpha) - x \sin(\alpha)^2 + q^2}}\right) \quad (7.2)$$

Astfel, unghiurile de rotație al paletii în cele două plane de lucru, xOy și xOz se pot determina analitic cu ajutorul formulelor (7.1) și (7.2) și în funcție de ele se imprimă mingii o anumită traiectorie.

7.3. Reprezentarea traiectoriilor 2D

Produsul dezvoltat are ca scop principal aruncarea mingii pe o anumită traiectorie și cu o anumită viteză. Pentru a putea observa care sunt traiectoriile pe care mingea le poate parcurge la lansarea din echipament, se vor analiza punctele de contact dintre minge și paleta care o lovește.

În Fig. 7.8 este reprezentat unghiul de degajare a mingii care se află în tangență cu paleta. De asemenea, se pot observa și cele două traiectorii pe care le poate avea paleta, dar și zona de contact în care paleta lovește mingea. În urma parcurgerii celor două traiectorii, paleta lovește mingea imprimându-i acesteia o viteză de deplasare. Având în vedere că lovitură se propagă diametral opus prin minge, se poate observa că unghiul de degajare al mingii prin gura de evacuare este de 76.87° .

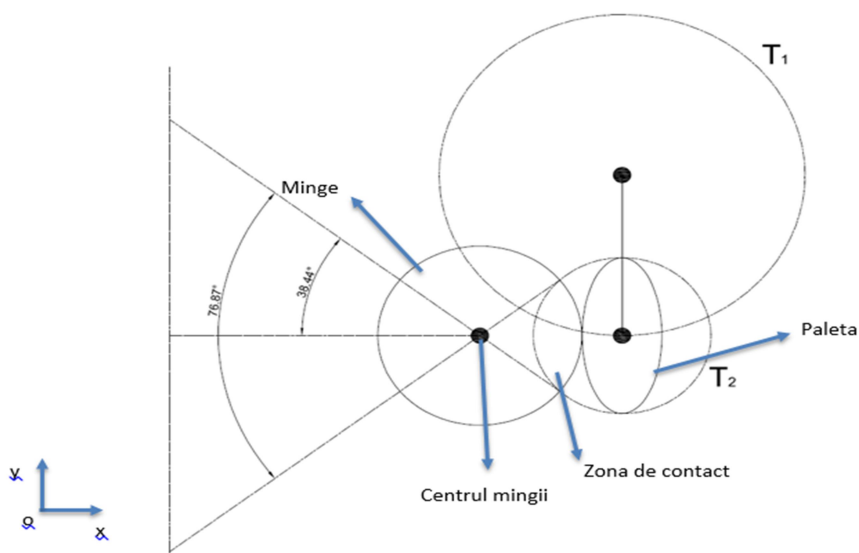


Fig. 7.8. Unghiul de degajare al mingii în planul xOy

Traectoria impusă de paletă în planul xOz face ca punctele de interferență (1) dintre minge și paletă să fie chiar la intersecția traiectoriei cu mingea. Ca și în analiza din planul xOy , paleta lovește mingea, iar forța imprimată se transmite diametral opus prin aceasta, imprimându-i un unghi de degajare de 31.58° (Fig. 7.9).

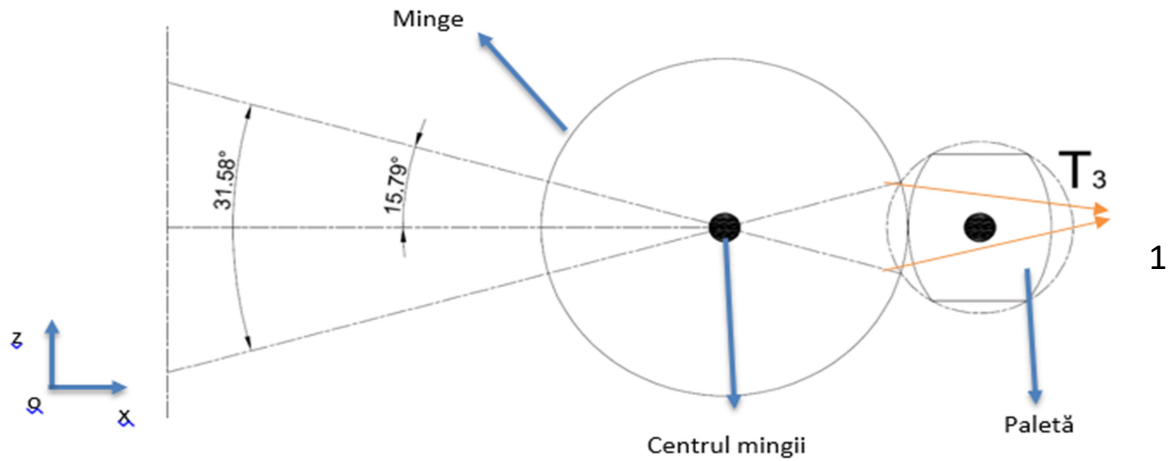


Fig. 7.9. Unghiul de degajare al mingii în planul xOz

7.4. Reprezentarea traiectoriilor 3D

Analiza simulării traiectoriei, realizată în subcapitolul anterior, a fost divizată pe cele două plane, și anume xOy și xOz. În urma combinării direcțiilor de propagare a mingii din cele două plane s-a constatat că suprafață de contact dintre paletă și minge este suficient de mare, astfel încât viteza și traiectoria imprimate să fie precise.

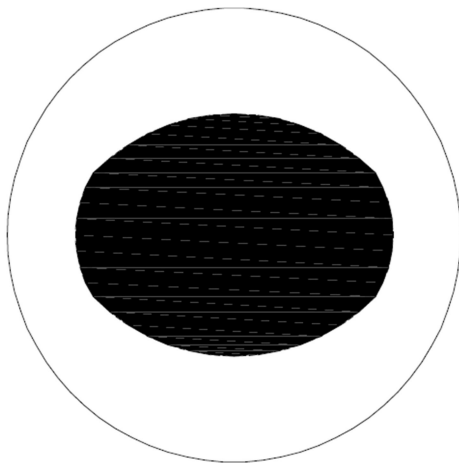


Fig. 7.16. Suprafața de lovire a mingii 2D

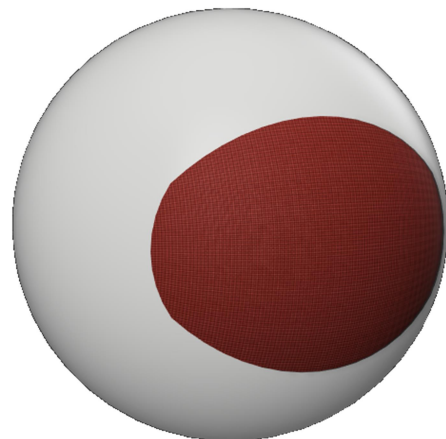


Fig. 7.17. Suprafața de lovire a mingii 3D

CAPITOLUL 8

FABRICAREA COMPONENTELOR ECHIPAMENTULUI PENTRU ANTRENAMENT

Fabricarea componentelor reprezintă un întreg proces de activități care concură la realizarea produsului final. În funcție de tehnologiile existente se studiază și se aleg tehnologiile care realizează piese ușor, rapid și rezistente.

8.1. Selecție procese

Selecția procesului tehnologic se realizează pe baza unor criterii de evaluare stabilite (Fig. 8.1) [F02].

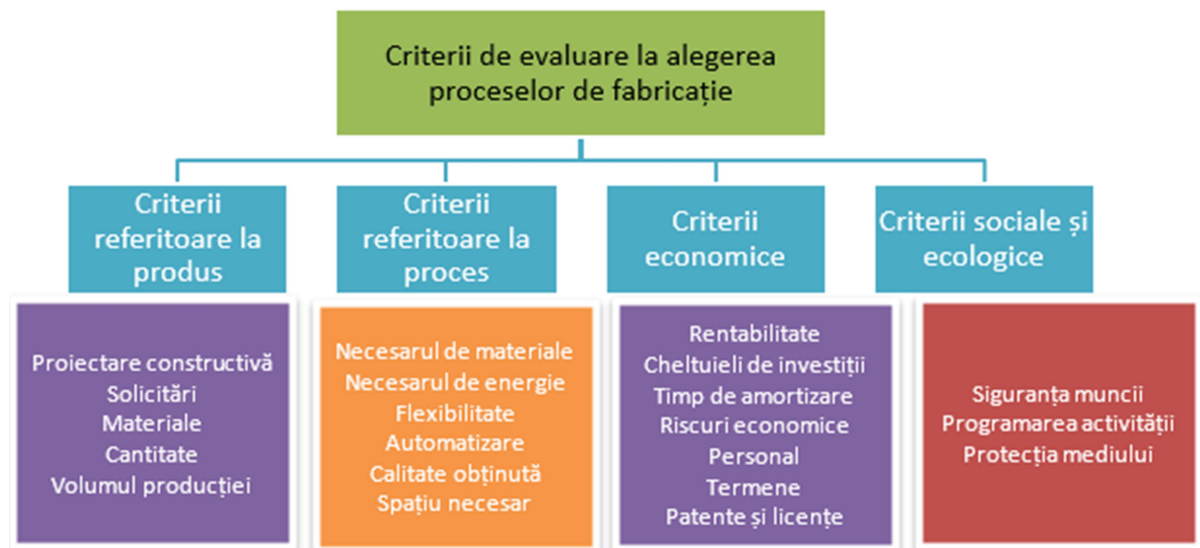


Fig. 8.1. Criterii de evaluare la alegerea proceselor de fabricație [F02]

Componentele echipamentului sportiv (Fig. 8.2) sunt realizate prin: procese tehnologice de fabricație substractivă și aditivă, existând și componente achiziționate.

Componentele subsansamblurilor sunt obținute astfel:

- achiziționate: motoare, bucșe elastice, rulmenți, șuruburi, piulițe, corniere, drivere, surse pentru motoare, roți, mânere;
- fabricate aditiv: bucșă ancorare, arbore antrenare, braț antrenare, paletă, roți dințate, distanțatoare, opritor, flanșă de prindere [T10].

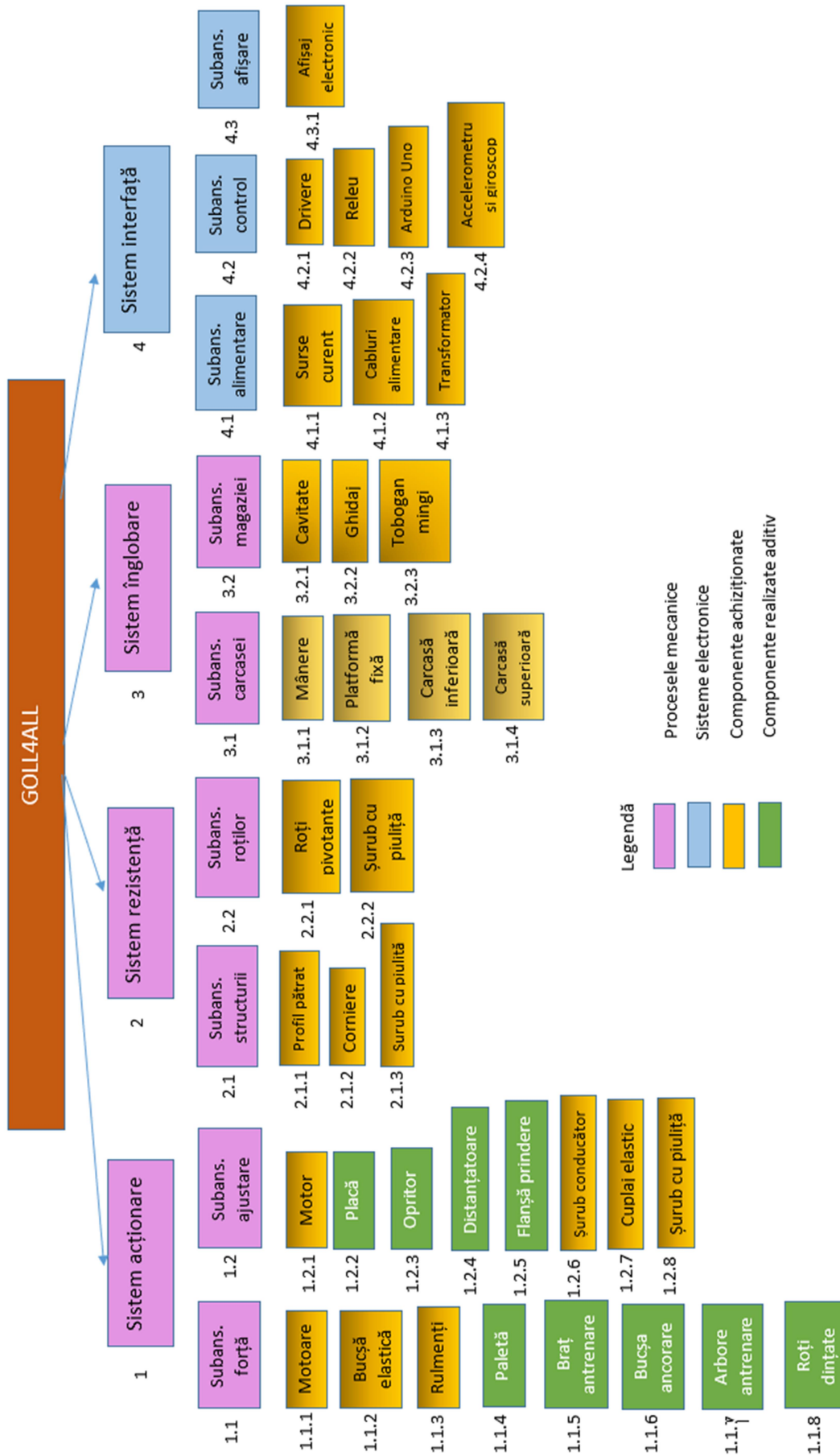


Fig. 8.2. Diagrama arborescentă a ansamblului [T10]

8.2. Fabricarea componentelor mecanice

În cadrul produsului dezvoltat, cele două subansambluri care au fost fabricate mecanic sunt subansamblul structurii și subansamblul carcasei, ele fiind elemente critice în construcția echipamentului. Sunt primele subansambluri realizate care oferă rezistență și forma produsului dezvoltat.

8.3. Fabricarea componentelor prin tehnologii aditive

Cea mai folosită tehnologie în fabricația aditivă este tehnologia FDM deoarece oferă posibilitatea realizării de prototipuri funcționale din diverși polimeri termoplastici. Astfel, materialul utilizat (numit și filament) trece prin extruder, unde se topește și ajunge în stare lichidă și apoi este depus selectiv, strat cu strat, printr-o duză care execută mișcările pe axele xOy și xOz conform geometriei piesei 3D.

8.3.1 Echipamentul și materialele folosite

În cadrul procesului de fabricație aditivă s-a folosit imprimanta Zortrax M300 Plus ce permite imprimarea pieselor de dimensiuni mari dintr-o singură bucată. Majoritatea componentelor din sistemul de forță al produsului sunt realizate prin fabricație aditivă, datorită formelor și dimensiunilor personalizate, specifice produsului dezvoltat. Materialele folosite pentru printarea 3D a pieselor sunt Tereftalatul de polietilenă (PET) și Z-HIPS care au următoarele proprietăți, Tab 8.1.

Tab. 8.1. Proprietățile materialelor utilizate

Nr. crt.	Proprietate	PET	Z-HIPS
Proprietăți mecanice			
1.	Coeficient de frecare	0.18 - 0.4	0.2
2.	Duritate - Rockwell	80 - 96	109
3.	Rezistență la tracțiune	2.10 - 90.0 MPa	34.3 MPa
4.	Alungire la rupere	4.00 - 600 %	79 %
Proprietăți fizice			
5.	Densitate	1.3 - 1.4 g/cm ³	1.13 g/cm ³
8.	Test de viscozitate	62.0 - 86.0 cm ³ /g	71 cm ³ /g

8.3.2 Fabricarea componentelor

Toate componentele obținute prin fabricație aditivă s-au proiectat în aplicația software de proiectare Fusion 360. Pentru a putea imprima 3D componentele echipamentului sportiv, acestea trebuie să parcurgă un proces de pregătire care constă în obținerea fișierelor de tip STL, care conțin doar geometria suprafeței unui obiect

tridimensional și transformarea lor în fișiere cu extensia .gcode. Generarea fișierelor .gcode se obțin în urma introducerii fișierelor de tip STL în aplicația Z-Suite și setarea următorilor parametrii pentru imprimarea 3D:

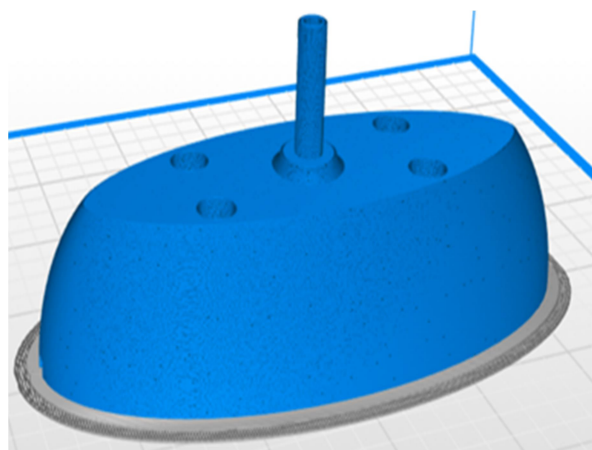
- tipul materialului: Z-HIPS;
- pentru suportul piesei se va alege forma automată la un unghi de 45 grade;
- grosime strat: 0.19 mm;
- profil normal cu model Grid;
- densitatea de umplere: 50%, deoarece se dorește ca echipamentul să fie ușor și la un preț optim, iar piesele, în urma analizei din capitolul anterior, prezintă un grad ridicat de siguranță;

Paleta a fost fabricată pe imprimanta Zortrax M300 Plus, din material de tip Z-HIPS, pentru a asigura componentei rezistența necesară cu următorii parametrii de imprimare (Tab.8.2) .

Tab. 8.2. Parametrii de imprimare paletă

Parametru	Valoare
Timp de imprimare	1d 22h 6m
Cantitate material	250.80m (620g)
Imprimantei 3D	Zortrax M300 Plus
Suport	30°
Material	Z-HIPS
Diametrul duzei	0.4 mm
Strat	0.19 mm
Umplere	50%

Parametru	Valoare
Contur umplere	0.40
Contur sus	0.24
Grosimea maximă a peretelui	2.63 mm
Viteza imprimare primul strat	100%
Decalajul primului strat	0.30 mm
Stratul suportului	7
Decalajul suportului	0.22 mm
Densitatea suportului	3.00 mm



a. Model simulat



b. Componenta fizică

Fig. 8.3. Paleta [T10]

Brațul de antrenare reprezintă suportul în interiorul căruia se fixează paleta. Fig. 8.4 prezintă modul de orientare al piesei pe platforma de construcție printr-o captură din timpul procesului de definire a parametrilor în software de tip Slicer, Z-Suite.

Tab. 8.3. Parametrii de imprimare braț de antrenare

Parametru	Valoare
Timp de imprimare	13h 59m
Cantitate material	64.54m (160g)
Imprimantei 3D	Zortrax M300 Plus
Suport	30°
Material	Z-HIPS
Diametrul duzei	0.4 mm
Strat	0.19 mm
Umplere	50%

Parametru	Valoare
Contur umplere	0.40
Contur sus	0.24
Grosimea maximă a peretelui	2.63 mm
Viteza imprimare primul strat	100%
Decalajul primului strat	0.30 mm
Stratul suportului	7
Decalajul suportului	0.22 mm
Densitatea suportului	3.00 mm

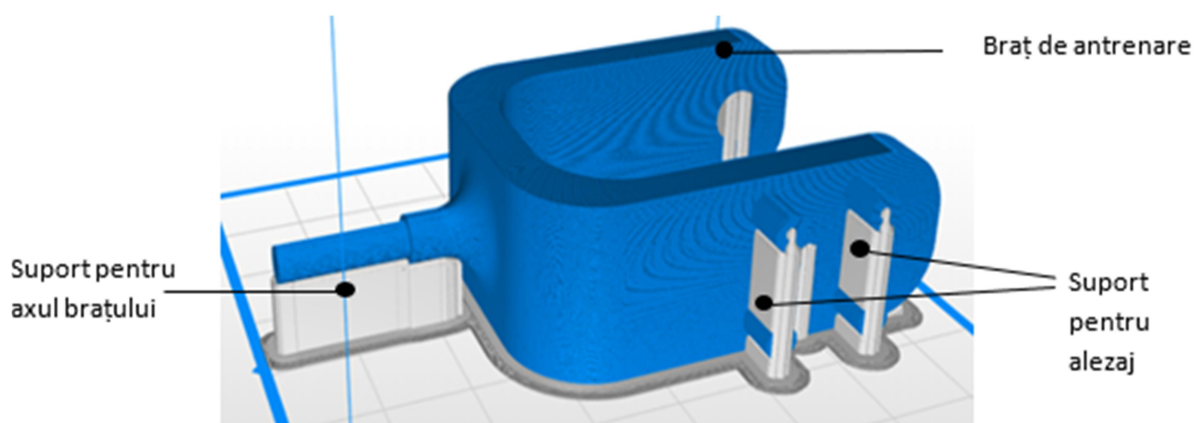


Fig. 8.4. Brațul de antrenare, simulare în aplicația Z-Suite

8.4. Proiectarea sistemului electronic

În realizarea echipamentului sportiv de aruncat mingi s-au folosit motoare cu ajutorul cărora se poate mișca paleta, un microcontroler, giroscop pentru gestionarea poziției, un senzor pentru trimiterea comenzilor de la o telecomandă, o plăcuță Arduino pentru comunicarea dintre motoare și aplicație, surse de comutație și drivere motor. Toate acestea au fost interconectate și au putut duce la realizarea sistemului electronic.

8.4.1 Componentele electronice

În cadrul echipamentului dezvoltat sunt folosite motoare pas cu pas deoarece asigură cuplul motor necesar și au prețuri mai mici decât alte motoare folosite pentru prototipuri.

Subansamblul de alimentare va conține toate sursele de curent folosite pentru funcționarea echipamentului dezvoltat. Având în vedere că se folosesc mai multe tipuri de motoare, sursele de curent folosite sunt destinate fiecărui tip de motor, astfel: Sursa în comutație 60V/350W, Sursa de tensiune în comutație 12 V/120 W pentru șurubul conducător.

Subansamblul de control va fi folosit pentru punerea în funcțiune a motoarelor necesare pentru lovirea mingii. Subansamblul de control este format din următoarele

elemente: Driverul motor, Placa de dezvoltare Arduino Uno, Accelerometru și giroscop, Releul cu două canale, Afișajul LCD.

8.4.2. Circuitul electronic

În Fig. 8.5 este prezentată schema generală a sistemului electronic pentru produsul dezvoltat cu toate legăturile electronice între componente.

Circuitul electronic este format din elemente electronice ce trebuie să satisfacă funcția principală a echipamentului, și anume să lovească mingea cu o viteză și o direcție dorită de utilizator. Schema electrică prezentată în Fig. 8.26 are componentele din Tab. 8.4.

Tab. 8.4 Componentele electronice

Nr. crt.	Denumire componentă	Nr.crt	Denumire componenta
1	Sursă în comutație 24V	10	Accelerometru și giroscop
2	Driver A4988	11	Senzor infraroșu
3	Motor secundar poziție plan xOz	12	Arduino Uno
4	Driver A4988	13	Breadbord
5	Driver A4988	14	Motor principal
6	Motor șurub conducător	15	Motor secundar poziție plan xOy
7	Sursă de tensiune în comutație 12V	16	Sursă în comutație 60V/350W
8	Valve electromagnetice	17	Driver DM860A
9	Releu cu două canale		

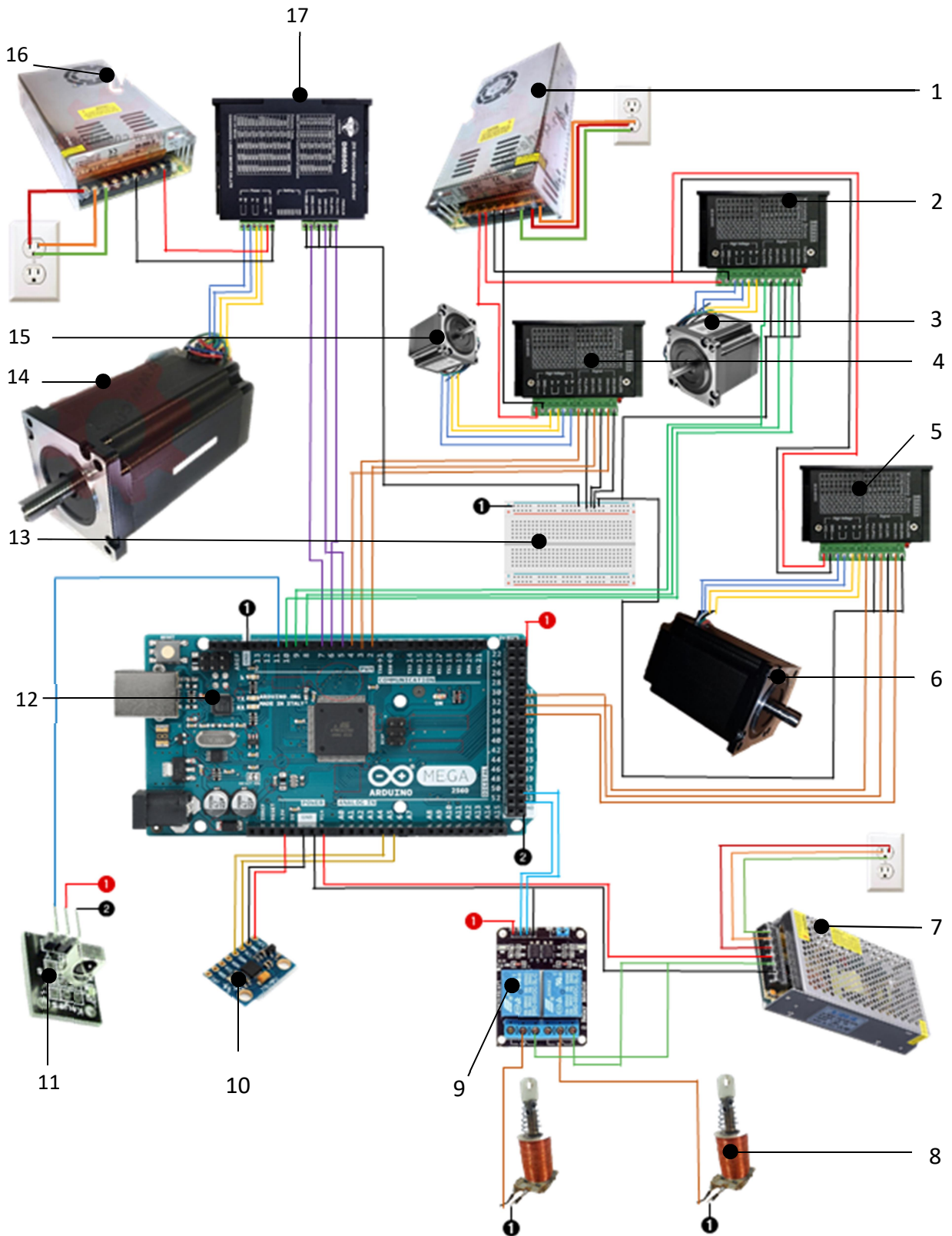


Fig. 8.5. Schema generală a sistemului electronic

8.4.3. Schema logică

Pentru controlul sistemului este folosită o telecomandă formată dintr-o tastatură numerică de la 1 până la 9 și un buton notat cu "OK" și un senzor infraroșu care este conectat în plăcuța Arduino Uno, cu ajutorul căruia se primește semnal de la telecomandă.

Echipamentul poate să fie setat în 3 moduri de către utilizator. Modul principal de funcționare, în care echipamentul este setat automat de proiectant, va fi descris pe baza algoritmului următor, care constă în două etape de pregătire a echipamentului:

1. Etapa I: alegerea zonei în care va fi lovită mingea (Fig. 8.6).

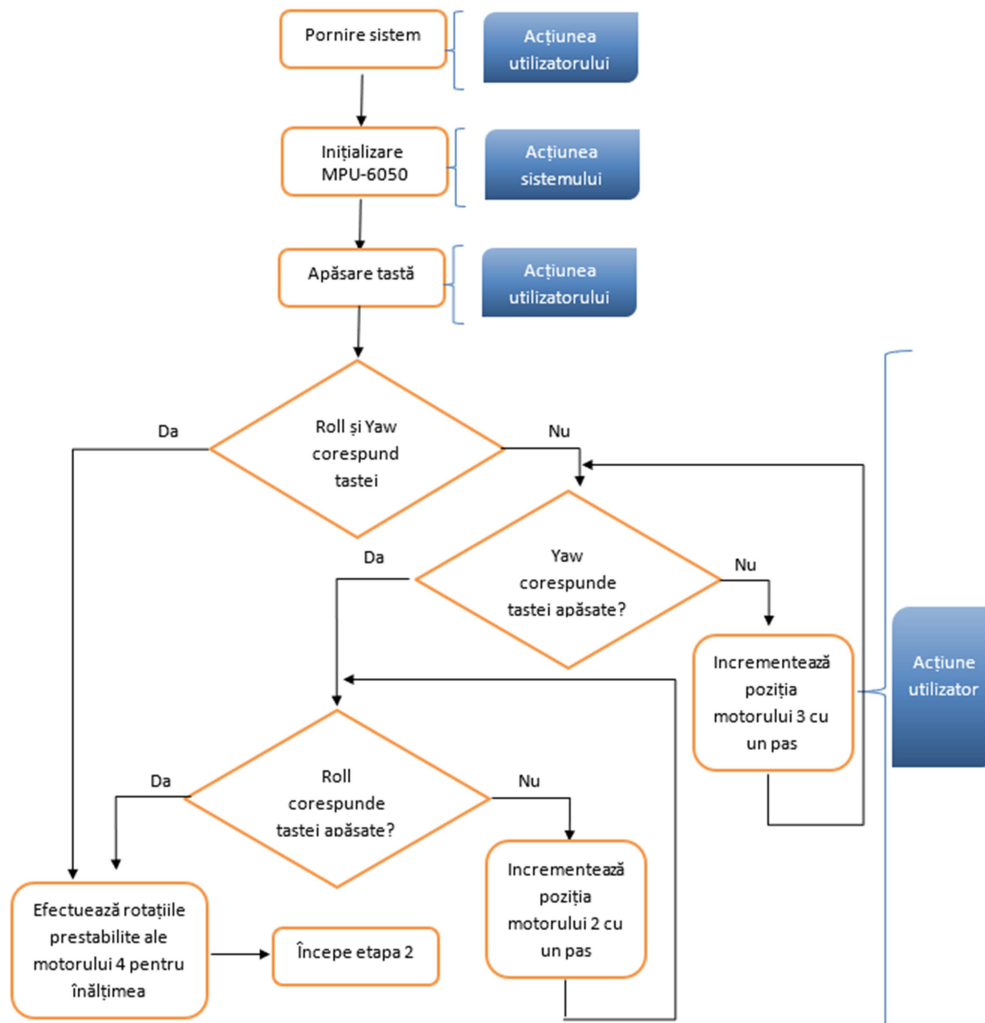


Fig. 8.6. Schema logică a etapei 1

2. Etapa a II-a: alegerea vitezei cu care să fie lovită mingea.

8.4.4 Structura codului

Programarea plăcuței Arduino Uno se realizează prin scrierea codului sursă într-un limbaj de programare care este recunoscut de aceasta. În continuare se prezintă codul sursă după care a fost programat echipamentul de aruncat mingi.

CAPITOLUL 9

ASAMBLAREA ȘI TESTAREA PROTOTIPULUI ECHIPAMENTULUI PENTRU ANTRENAMENT SPORTIV

Un tip de bază de operații de fabricare este constituit de operațiile de asamblare, în care două sau mai multe piese/repere separate sunt unite pentru a forma o nouă entitate.

9.1. Asamblarea produsului

Produsul dezvoltat a necesitat mai multe tipuri de asamblări demontabile care împreună cu componentele aferente detaliate în capitolul anterior, s-a realizat ansamblul final (Fig. 9.1).

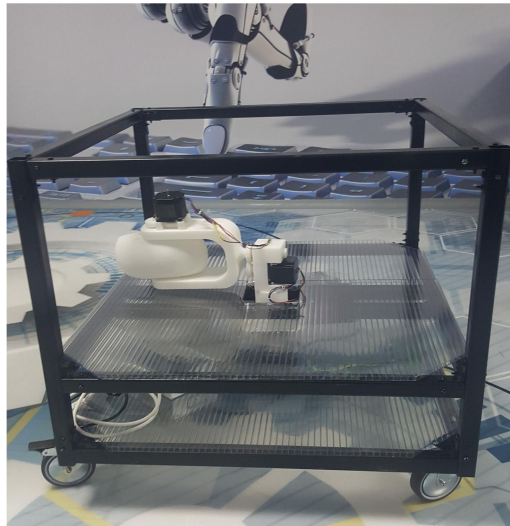


Fig. 9.1. Ansamblul final

9.1.1. Asamblările demontabile

În cadrul produsului s-au folosit mai multe asamblări demontabile de tip șurub-piuliță pentru diferite părți componente ale ansamblului.



Fig. 9.2. Asamblarea motorului principal



Fig. 9.3. Asamblarea paletii

9.1.2. Asamblări care transmit mișcarea

Transmiterea mișcării de la motoare la alte componente a fost realizată prin asamblări: cu pene, cu cuplaje, cu rulmenți și cu roți dințate.



Fig. 9.4. Asamblare motor principal cu pană



Fig. 9.5. Asamblarea cuplajului elastic

9.1.3. Subansambluri din cadrul echipamentului obținute prin asamblare

Una dintre etapele din construcția echipamentului a fost asamblarea sistemului de forță cu sistemul structurii de rezistență (Fig. 9.6).

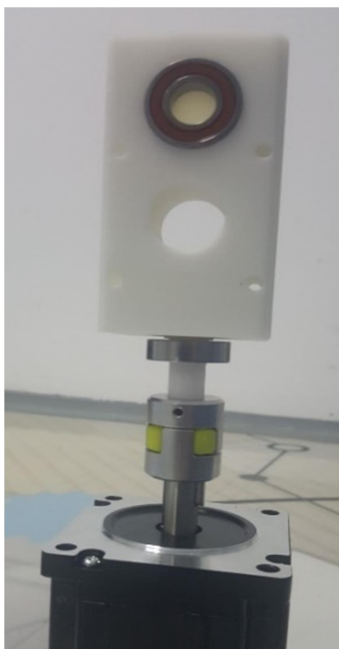


Fig. 9.6. Asamblarea motorului cu arborele

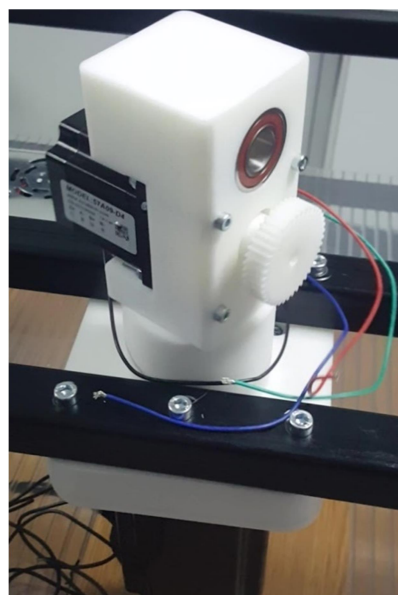


Fig. 9.7. Asamblarea motorului secundar

Se continuă cu asamblarea subansamblului de forță (Fig. 9.7) și asamblarea paletii cu brațul de antrenare și motorul secundar Fig. 9.8.

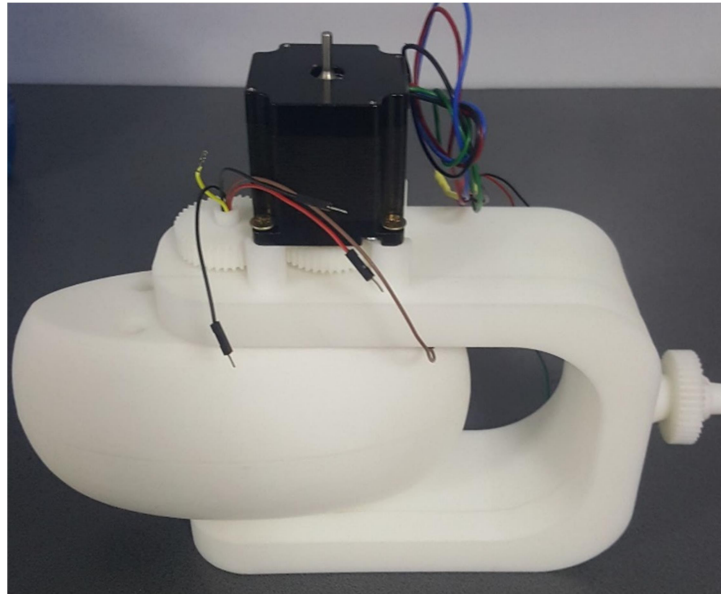


Fig. 9.8. Asamblarea paletii cu brațul de antrenare cu arborele de antrenare

9.2. Testarea produsului

În urma proiectării de detaliu, a fabricării componentelor și a asamblărilor a rezultat echipamentul sportiv de aruncat mingi care urmează a fi testat pentru a se observa funcționalitatea sa.

9.2.1. Testarea software

Folosirea unei plăcuțe Arduino Uno ne oferă posibilitatea folosiri aplicațiilor software implicite ale acesteia. Astfel, pentru testarea software se instalează pe un laptop de test aplicația Android Software (IDE) prin rularea fișierului arduino.exe. Varianta finală a codului sursă a fost obținut în urma testării de patru ori a codului inițial, datorită erorilor apărute, dar și a neconcordanței unor funcții cu funcționalitatea echipamentului.

9.2.2. Testarea electronică

În urma introducerii codului sursă, aplicația citește informațiile trimise de giroscop și efectuează comenzile trimise de telecomandă. În Fig. 9.9. este prezentat procesul de testare pentru funcționarea giroscopului în punctul 0. Acesta va fi punctul de plecare pentru fiecare ciclu de funcționare, precum și punctul de „casă” pentru regimul oprit al echipamentului.

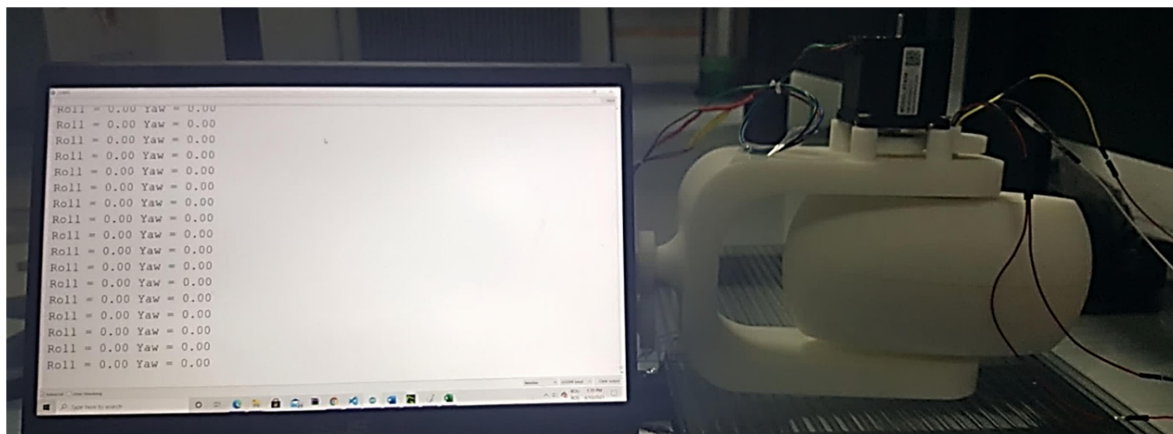


Fig. 9.9. Testare giroscop în punctul 0

În urma testelor se observă că paleta lovește mingea în punctele indicate de utilizator.

9.2.3. Optimizarea prototipului

Testarea mecanică a fost o etapă importantă în procesul de obținerea a prototipului, deoarece a permis evidențierea defectelor sau neconcordanțelor din procesul de proiectare a componentelor. Astfel, a fost nevoie de ajustarea componentelor pentru asamblarea acestora:

- ✓ Brațul de antrenare a fost ajustat, astfel încât să existe posibilitatea asamblării celor două părți care formează paleta, dar mai ales pentru posibilitatea de a fi asamblate roțile dințate și motorul secundar care oferă direcție paletelor în planul xOy.
- ✓ Arborele de antrenare a fost ajustat, astfel încât să poată fi asamblat motorul secundar care oferă direcție brațului și respectiv paletelor în planul xOz.
- ✓ Locașul motorului care acționează platforma de ajustare a poziției mingii a fost reproiectat pentru a putea fi asamblat pe carcasa inferioară a echipamentului și pentru a oferi stabilitate motorului.
- ✓ Paleta a fost reproiectată și realizată din două semipaletă pentru a putea fi integrate giroscopul și accelerometrul.
- ✓ Bucșa de ancorare a fost ajustată, astfel încât să poată fi asamblată cu motorul principal, dar și de barele metalice ale structurii situate în centrul echipamentului și pentru a se putea realiza asamblarea etanșă între arborele motorului și arborele de antrenare, astfel încât să nu existe joc sau vibrații.
- ✓ Axul brațului de antrenare care se asambla în alezajul arborelui, dar și roata dințată care se asambla pe axul brațului, au fost înlocuite cu un arbore modular, care are integrată o roată dințată care angrenează cu roata acționată de motorul secundar aflat pe arborele de antrenare, transformând sistemul de acționare într-un sistem modular care poate fi ușor asamblat și dezamblat, arborele modular având cele două capete în formă de elipsă pentru a nu se roti, fiind asamblat cu capace.

CONCLUZII

Obiectivul principal al tezei de doctorat este dezvoltarea unui echipament pentru antrenamentele sportive cu mingi. Realizarea acestui obiectiv se evidențiază pe parcursul a nouă capitole unde sunt prezentate etapele principale din procesul de dezvoltare a produsului nou.

Astfel, pentru atingerea obiectivului principal din cadrul lucrării de doctorat, s-a realizat o analiză de piață care include identificarea tipurilor de sporturi ce folosesc mingi ca obiecte centrale ale activității acestora. De asemenea, prin această analiză s-a identificat cel mai popular sport la nivel global care folosește mingea în practicarea sa, fotbalul, pentru care s-au identificat tipurile și tehnicile de antrenamente, iar pentru acestea s-au stabilit condițiile tehnice și materiale de desfășurare în condiții optime. Au fost concatenate cerințele utilizatorilor ce practică acest sport la nivel amator și la nivel profesionist cu referire la un produs care va satisface nevoile identificate pentru cele două segmente de piață. În urma analizei realizate s-au concretizat nevoile existente în acest domeniu și s-au corelat cerințelor clienților cu specificațiile produsului dezvoltat. De asemenea, s-a realizat o cercetare documentară cu privire la istoria, evoluția și tendințele actuale în dezvoltarea echipamentelor pentru antrenamentele sportive cu mingi și o analiză bibliografică privind cercetările teoretice și experimentale în domeniu sportului, ceea ce a permis înțelegerea abilităților actuale ale echipamentelor pentru antrenamentele cu mingi existente pe piață și a ajutat la creionarea conceptelor elaborate pentru dispozitivul de antrenament sportiv cu mingi.

Au fost analizate tehnicile de aruncare a mingilor și traiectoriile necesare ale acestora. Pe baza studiului efectuat, s-a definit un model ce definește distanța, viteza și traiectoriile posibile ale mingii în timpul antrenamentului, precum și impunerea unei distanțe, viteze și traiectorii exacte ale mingii impuse de către antrenor pentru un anumit tip de antrenament.

A fost dezvoltat un model 3D al echipamentului pentru antrenamentele sportive cu mingi și s-au simulat traiectorii 3D posibile pe care poate să le aibă mingea în timpul utilizării acestui echipament. Conform datelor obținute în urma elaborării modelului 3D, a fost posibilă proiectarea arhitecturii produsului cu specificațiile stabilite. A fost realizată proiectarea de detaliu pentru fiecare componentă, proiectat și fabricat un prototip al echipamentului pentru antrenamentele sportive cu mingi. Elaborarea unui proiect de detaliu pentru conceptul ales a permis simularea funcționalităților în mediul virtual și pregătirea strategiilor de fabricare pentru fiecare componentă în parte.

Ultima etapă a constat în realizarea studiilor experimentale cu echipamentul pentru antrenamentele sportive în vederea testării. În timpul testelor s-au identificat componentele ansamblurilor care nu îndeplineau condițiile dorite, astfel încât acestea au fost reproiectate și reintegrate noii versiuni a prototipului final. Acest lucru a dus la optimizarea prototipului inițial și la obținerea unei a doua versiuni, îmbunătățite, a acestuia.

CONTRIBUȚII PROPRII

În urma cercetărilor dar și a rezultatelor obținute se sintetizează următoarele contribuții proprii:

1. Analiza tuturor tehnicilor de antrenament pentru fiecare poziție de jucător din fotbal;
2. Elaborarea unui model geometric pentru modelarea și simularea traiectoriilor mingii;
3. Proiectarea a nouă soluții conceptuale diferite, originale, ale echipamentului pentru antrenamentele sportive cu mingi;
4. Proiectarea de detaliu a conceptului selectat de echipament;
5. Simularea și validarea materialelor și geometriei pentru componentele critice;
6. Realizarea analizei economice pentru prototipul realizat și estimarea costurilor;
7. Realizarea de modele optimizate în vederea asigurării rezistenței;
8. Dezvoltarea și implementarea sistemului de achiziție de date al echipamentului care citește poziția paletelor de acționare în timp real și transferă informațiile sistemului de procesare;
9. Dezvoltarea și implementarea unui sistem de acționare a echipamentului bazat pe motoare pas cu pas, cu angrenaje și rulmenți;
10. Testarea și validarea prototipului produsului obținut.

DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

Analizând rezultatele obținute se accentuează faptul că cercetările viitoare pot atinge următoarele direcții:

- Observarea și analizarea funcționalităților unui produs similar, pe un eșantion de utilizatori, pe o perioadă limitată de timp, pentru a rezolva cât mai bine nevoile acestora;
- Conceperea, modelarea, dezvoltarea și implementarea unui echipament parametrizat pentru antrenamentele sportive cu mingi, ce va permite personalizarea acestuia pentru fiecare tip de suprafață;
- Conceperea, modelarea, dezvoltarea și implementarea unor piese prin proiectare generativă, ce va conduce la un întreg proces de fabricare cu o structură optimizată;
- Optimizarea și implementarea unor sisteme de forță folosind motoare cu putere mai mare;
- Optimizarea sistemului de alimentare pe bază de acumulatori;
- Dezvoltarea unei aplicații software ce permite diferite metode de acționare a paletelor, dar și pentru monitorizarea continuă și comunicarea cu antrenorul pentru a evalua evoluția fiecărui jucător individual;
- Dezvoltarea unei interfețe de comandă și control cu ajutorului căreia utilizatorul poate să gestioneze programul și intervalul de funcționare al echipamentului;

BIBLIOGRAFIE (extras)

- [ISI1] Tunsoiu N., Doicin C.V, Murzac I., Oncescu T.A., Ulmeanu M.E, Tunsoiu D., Murzac R., Additive manufacturing of components for a ball machine prototype, Macromolecular Symposia, <https://doi.org/10.1002/masy.202100437>;
- [ISI2] Doicin C.V., Ulmeanu M.E., Abram T., Rennie A.E.W., Cîtu D., Murzac R., Tunsoiu N., Barbarii N., University brand management through additive manufacturing applications, Proceedings of the 31nd IBIMA Conference, 2018, pp. 6716-6727, ISBN 978-0-9998551-0-2. Lucrare ISI: WOS:000444067203098;
- [ISI3] Doicin C.V., Murzac R., Gheorghîță V., Ulmeanu M.E., Tunsoiu N., Sălvan M., Research on the design and testing of a new product development methodology, Proceedings of the 32nd IBIMA Conference, 2018, pp. 5479-5490, ISBN 978-0-9998551-1-9, Lucrare ISI: WOS: 000508553206051
- [ISI4] Nuță A.B, Ulmeanu M.E., Doicin C.V., Enache A., Tunsoiu N., Experimental stand design for an automatic wiping board concept, Macromolecular Symposia, <https://doi.org/10.1002/masy.202000298>, 21 April 2021, Lucrare ISI: WOS: 000641766900030
- [BDI1] Tunsoiu N., Doicin C.V, Tunsoiu D., Murzac R., Ulmeanu M.E, Concept selection and cost calculation for a ball machine used in trening goalkeepers, Proceedings of the 38nd IBIMA Conference, 2021, ISBN 978-0-9998551-7-1;
- [BDI2] Ulmeanu M.E., Doicin C.V., Murzac R., Tunsoiu D., Tunsoiu N., Product Development of a Bio-composite Medical Device, Materials Science Forum, Vol. 957, pp. 71-80, 2019, doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.957.71>;
- [BDI3] Catană M.G., Dijmărescu M.R., Tunsoiu N., Process planning solution for increasing the productivity and robustness of work schedules for batch production processes, IOP Conference Series-Materials Science and Engineering, Vol. 682, 012018, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/682/1/012018, ISSN: 1757-8981;
- [BDI4] Bejenaru D.A., Ulmeanu M.E., Doicin C.V., Spânu P., Tunsoiu N., Pilot course for sustainable development of e-learning tools, Proceedings of the 36th IBIMA Conference, 2020, ISBN 978-0-9998551-5-7;
- [B1] Brevet de invenție RO 133123 B1 din 28.05.2021, cu cererea de brevet nr. A/00821 din 22.10.2018, Autori: Ulmeanu M.E., Doicin C.V., Davițoiu D., Tunsoiu D., Tunsoiu N., Murzac R., Paraschiv A., Doicin I.E., Semenescu A., Costoiu M., Titlul: Dispozitiv medical biocompozit pentru reconstructia extinsă a țesuturilor moi;