

## MODELAREA ȘI SIMULAREA UNEI MÂINI MECANICE

## MODELING AND SIMULATION OF A MECHANICAL ARM

DUMITRACHE Laura Ioana, ONCESCU Alina Andreea and CHIRIȚĂ Veronica

Facultatea: IMST, Specializarea:IMST, Anul de studii:2019, e-mail:dumitrache\_laurab@yahoo.com

Conducător științific: Sl.Dr. Ing. **Liviu Marian UNGUREANU**

*REZUMAT: The prosthetic hands presented by the specialized companies, have a limited functionality and a higher price. There is a need of a new design with a smaller price for materials witch have more required functions. The presented paper-work is about the design of a five individually finger hand. The grip force can be seen on a display LED for a summary of control. The proposed prosthetic hand contains a power battery and a micro-controller.*

*CUVINTE CHEIE: mână mecanică, costuri reduse, design eficient.*

### 1. Introducere

Realitatea cu care ne confruntăm în ziua de azi este una dură. Creșterea numărului de conflicte politice cu orientul, a dus doar la creșterea numărului de persoane decedate și rănite. În rândul persoanelor rănite, un procentaj semnificativ îl reprezintă, acelea cu membre amputate. În cazul deceselor, nu putem face foarte multe, decât stoparea acestor războaie. Dar în cazul celor cu membre amputate, putem crea proteze ce le pot veni în ajutor.

Existența acestor tipuri de mâini antropometrice, nu este atât de cunoscută pe cât o prezintă media. În literatura de specialitate acestea sunt tratate ca și experimente de laborator.

Numărul persoanelor cu membre amputate este unul covârșitor, doar în SUA sunt estimate a fi 100.000 de persoane. Faptul că de multe ori cei ce au un handicap în acest fel, sunt marginalizați sau chiar 'luați peste picior' din cauza acestui lucru, reprezintă o realitate tristă a societății noastre. Multe dintre aceste persoane pot beneficia de un ajutor fizic dar și psihologic prin folosirea unei astfel de proteze.

În lume există un număr mic de companii care se ocupă de studierea, dezvoltarea și comercializarea acestor proteze, din cauza numărului limitat al pieței. Și poate din această cauză prețul unei astfel de proteze este destul de mare.

Lucrarea își are ca scop cercetarea stării curente a mâinilor și brațelor protetice și în final modelarea unui design nou ce deservește ca produs de mijloc între simplele cârlige protetice și mâinile robotice ce sunt foarte costisitoare.

### 2. Stadiul actual

În cazul de față pe piață nu există o proteză completă a brațului care să fie complet funcțională.

Sunt doar cateva companii ce produc proteze inferioare ale brațului chiar și a cotului, dar partea superioară nu a fost la fel de mult luată în considerare. În momentul de față, nu se pot comercializa brațe protetice complet funcționale din cauza costurilor prea ridicate pentru clienți.

Din 2007 armata SUA a început să prezinte un interes pentru astfel de proteze revoluționare pentru a le oferi soldaților răniți în misiune un înlocuitor. Sunt foarte mulți soldați ce au fost răniți pe câmpul de luptă din cauza terenurilor minate și a bombelor improvizate. De obicei aceste persoane își pierd instant diferite părți ale corpului sau este necesară o amputare ulterioară. Armata are fonduri pentru a ajuta acești soldați ce și-au pierdut o parte din ei pentru a servi țara. A fost foarte clar că protezele

parților inferioare existau deja și erau funcționale, mai rămâneau doar cele pentru părțile superioare. Majoritatea persoanelor ce trec prin acest lucru se descurcă cu ce au. Dar sunt și cazuri în care se pierd ambele membre, și în cazul acesta a fost necesar să se facă ceva.

DARPA, sau agenția de apărare și proiecte de cercetare avansată din SUA, a decis să facă o investiție uriașă în protezele extremităților superioare. Au decis să funcționeze pe două fronturi și au desemnat multiple contracte atât universității Johns Hopkins (Laboratorul de fizică aplicată), cât și DEKA, cercetare condusă de Dean Kamen.

În principiu, DARPA a rezolvat complet problema construirii celei mai avansate arme humanoide robotizate.

În figurile 1 și 2 sunt prezentate prototipurile funcționale ale brațului APL și Luke gata de testare.



Fig. 1. Braț APL (Universitatea John Hopkins)



Fig. 2. Brațul Luke (DEKA)

Brațele pot realiza în mare cam toate acțiunile pe care un braț uman le poate realiza. Singurul dezavantaj al protezei este costul. Brațul APL costă 100 milioane dolari. Iar cel de la DEKA costă 20 milioane dolari. În consecință s-au produs doar prototipuri. Aceste brațe nu au fost destinate producerii și vânzării în masă.

## 2.1. Proteze tip cârlig

În figura 3 este prezentată o proteză tip cârlig din timpul războiului civil din SUA. Protezele moderne de acest tip au rămas foarte similare cu aceasta și din această cauză este necesară o îmbunătățire a acestora.



Fig. 3. Proteză tip cârlig din timpul războiului civil din SUA

Protezele moderne tip cârlig au fost original create în anii 1900. S-au dovedit a fi foarte eficiente și de ajutor, în viața de zi cu zi, pentru cei ampuțați.

Deși sunt câteva variații ale acestor proteze cârlig, toate se comportă în general la fel. Există două bare de metal sub formă de cârlig care pivotează la secțiunea din spate. Cârligele sunt în mod normal, ținute împreună prin forța de elasticitate. În industrie aceste elastice se numesc "benzi de tensiune", în esență, benzi de cauciuc puternice. Utilizatorii pot decide cât de multă forță este necesară pentru o anumită sarcină și pot adăuga sau elimina manual benzile de tensiune, cu cealaltă mână. Cârligele sunt deschise printr-un cablu plasat sub tensiune. Cablul este tras de un ham purtat de utilizator constând dintr-o curea care trece prin trunchi și ambii umeri. Acest lucru înseamnă că un utilizator trebuie să flexeze spatele sau umerii pentru a realiza acțiunea de deschidere a cârligului terminal.

Figurile 4 și 5 prezintă modalitatea de prindere a acestora.

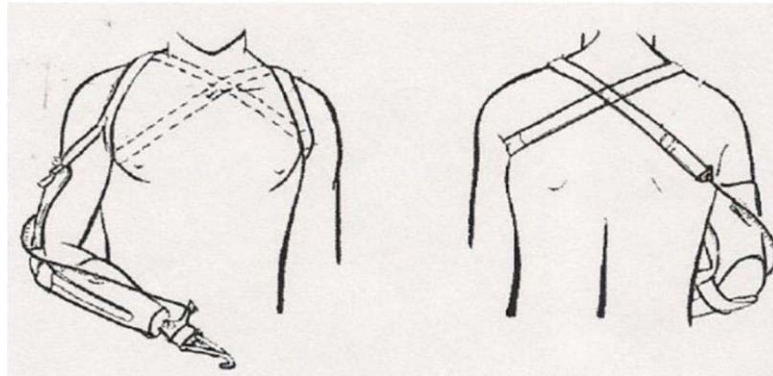


Fig. 4. Proteză tip cârlig și modalitatea de prindere

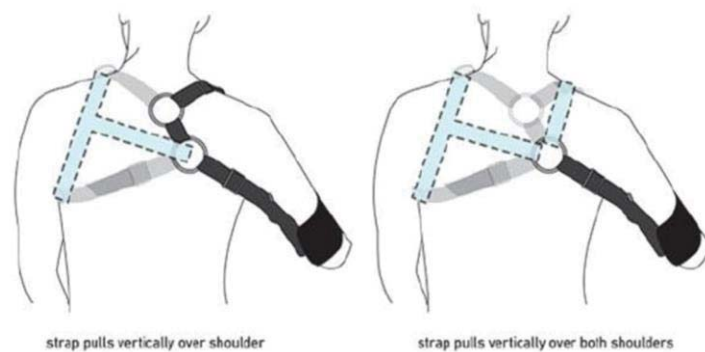


Fig. 5. Modalitate de adăugare a benzii de tensiune

Avantaje:

- Incredibil de fiabile;
- Există una sau două părți în mișcare în întregul sistem;
- Nu există baterii care se pot descărca sau alte componente electrice ce pot eșua;
- În cazul unei ajustări este suficient doar câteva chei de uz casnic;
- Sunt foarte utile în cazul în care este necesară ridicarea unei sarcini mari;
- O durată ridicată de viață.

Dezavantaje:

- Cost ridicat al mufei turnate personalizate (este făcută de obicei din fibra de carbon);
- Forța de prindere depinde de ajustarea manuală a benzii de tensionare;
- Oboseala și durerea musculară aparută din cauza utilizării îndelungate a prinderii;
- Necesitatea de a schimba tensiunea manual, pentru a regla forța de prindere.

## 2.2. Proteze comune ale mâinii

Există mâini mecanice comune care sunt disponibile pe piață dar sunt destul de limitate în funcționare. Toate aceste mâini oferă o acțiune: deschidere sau închidere. În general, ele au un blocaj foarte mare la aspect, de multe ori au 3 degete în loc de 5. Mâinile simple au fost mai ușor de proiectat și construit, dar nu pot executa multe sarcini necesare utilizatorului.



Fig. 6. Mâini protetice comune

## 2.3. Proteze electrice ale mâinii

Protezele electrice folosesc motoare electrice în terminalul dispozitivului, încheietura mâinii sau cotului, cât și o baterie reîncărcabilă. Sunt controlate fie prin servo-control, fie prin control gen comutator-buton. Dezavantajul este că sunt mai scumpe și, dacă sunt expuse la un mediu umed se vor strica, cât și că au o greutate destul de mare.



Fig. 7. Mână protetică electrică

### 3. Soluție proprie

După efectuarea cercetării pieței mâinilor protetice s-a ajuns la concluzia că este necesară construirea unei întregi mâini protetice. O mână protetică ar trebui să fie mult mai realistă pentru a fi proiectată într-un interval de timp limitat.

Pentru a realiza această idee, s-au luat în calcul varii domenii de inovare potențială. Din punct de vedere mecanic s-au inclus metode noi de acționare, cum ar fi sistemele hidraulice și pneumatice sau motoarele liniare, centrale, transmisii cu cuplaje variabile, apoi tehnici de stocare pe bază de elastice. Conceptele mecanice de legare variind de la cabluri și scripeți până la angrenaje și mecanisme tip patruleter.

În cele din urmă, sa decis că principala noutate a acestui design să fie mișcarea rotativă a degetului mare, articulație activă. Niciuna dintre mâinile protetice curente de pe piață nu au incluse o rotire a degetului mare. În plus, pentru comenzi, a fost determinată includerea unei reacții vizuale a forței către utilizator prin luminozitatea variabilă LED.

În cele din urmă, o temă generală de reducere a costurilor ar pune această mână protetică într-o piață mult mai largă.

S-a formulat o serie de cerințe de proiectare de respectat, și mai apoi s-au pus în aplicare printr-o proiectare asistată de softul CAD Solidworks.

Câteva cerințe de proiectat:

#### **Interfața cu utilizatorul:**

- Mâinile vor fi în siguranță și vor fi utilizate în timpul funcționării;
- Vor exista capace sau o carcasă peste toate componentele pentru protecție împotriva impactului;
- Bateriile vor fi ușor de schimbat sau reîncărcabile cu o mână și fără unelte suplimentare.

#### **Forma umană:**

- Se va asemăna formei generale a mâinii umane adulte;
- Mâna va cântări 450g incluzând componentele pentru alimentare și control autonom;
- Mâna va consta în 5 degete acționate individual, plus rola degetului mare.

#### **Puterea mecanică / Viteza:**

- Mânerul va avea o forță de prindere "cilindrică" de 6,8 kg;
- Buricele degetului vor avea o forță de 0,68 kg în timp ce sunt extinse;
- Degetele se vor deplasa de la poziția complet deschis până la închis complet în 1 secundă sau mai puțin;
- Durata de funcționare a sistemului să fie de cel puțin 2 ore în condiții de utilizare continuă și de 12 ore în stare inactivă.

#### **Controlul și integrarea senzorilor:**

- Degetele vor conține cel puțin un senzor analogic de forță pe deget;
- Fiecare cuplă va avea feedback-ul poziției analogice pe întreaga gamă de mișcare (potențiomtru rotativ sau encoder);
- Va fi un microprocesor standard, disponibil în mod obișnuit, care să poată manipula intrările senzorilor, de exemplu un Arduino Mega sau un echivalent.

#### **Producție:**

- Costul de finalizare pentru fabricarea și asamblarea unei mâini complete va fi mai mic de 3.000 \$ la cantitate (1x) și mai puțin de 2.000 \$ la cantitate (100x).

#### **Condiții de siguranță:**

- În cazul pierderii semnalului de comandă, toate servomotoarele și mișcarea se vor opri;
- Dacă bateria este descărcată, LED-urile vor semnaliza utilizatorul pentru reîncărcare;
- Mâna nu va fi capabilă să se distrugă singură, toate servomotoarele vor avea software și limite mecanice pentru a împiedica mișcarea nedorită până la limitele fizice.

Transmisia melc - roată melcată combinată este inima acestui design protetic. Aceasta este aspectul unic cel mai nou, și ceea ce stabilește designul în afară de alte produse curente de pe piață. Figurile 8 și 9 arată aspectul foarte timpuriu al designului mâinii cu degetul mare adăugat.



Fig.8. Desen preliminar cu prinderea cu ajutorul degetului mare și arătătorului

Procesul de proiectare CAD a articulației degetului mare a constat în plasarea unei transmisii duplicat în ansamblul de mână și înlocuirea a două cuple cu un singur tip de articulație. Plasarea inițială a subliniat dificultatea asamblării mai multor motoare și piese în mișcare într-o zonă atât de limitată, fiind necesară o examinare a mai multor poziții ale degetului mare: o poziție de strângere aliniată cu degetul arătător, un pumn cu degetele suprapuse și degetul mare rotit în sus într-o poziție de prindere.

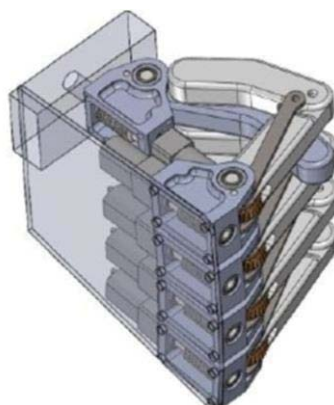


Fig.9. Desen preliminar cu închiderea mâinii

Din poziționarea CAD preliminară prezentată în figurile 8 și 9, a fost clar că axa de rotire a degetului mare ar trebui să fie înclinată de la placa-suport principală aproape de 15 grade pentru a se obține locația potrivită a degetului mare în timpul unei deschideri. Un scop al degetului mare este de a se opune degetului arătător în timpul unei prinderi de precizie, în acest caz trebuind să rămână într-o locație cunoscută și nici măcar să nu fie acționat.

În timpul unei prinderi “cilindrice”, degetul mare ar trebui să se închidă între arătător și degetul mijlociu pentru a asigura o forță suplimentară de strângere și suport pe obiectul capturat. Acest lucru este diferit de mâinile protetice actuale, care nu permit ca degetul mare și alte degete să se suprapună reciproc.

Degetul mare ar trebui să fie de asemenea din policarbonat și să fie suficient de flexibil pentru a acționa ca un arc pentru a aplica o forță de menținere constantă față de puterea activă cerută.

Degetul ar fi foarte util pentru a ține o lingură sau o furculiță atunci când împinge în jos pe laterală un deget arătător parțial închis. Prin urmare, degetul mare trebuie să fie capabil să satisfacă cele trei condițiile principale.

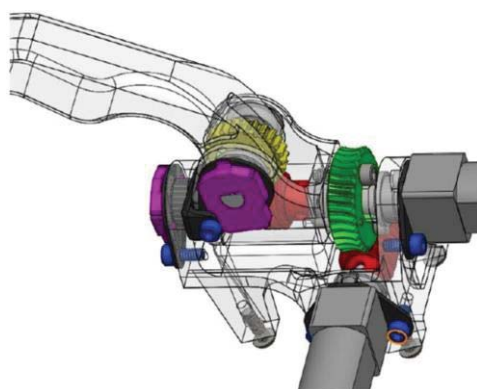


Fig.10. Soluția finală pentru articulația degetului mare

Roata melcată (verde) de 30 de dinți din alamă este utilizată pentru a asigura mișcarea de rotație a degetului mare. Echipamentul este fixat cu știfturi din oțel aliat pentru a transfera cuplul la carcasa transmisiei de tip reductor, și este atașat la acest corp cu două șuruburi. Roata dințată (galbenă) este atașată de arborele din aluminiu. Pentru a citi unghiul de rotație al roții degetului mare, a fost proiectat un adaptor care deservește atât ca lagăr simplu pentru capătul arborelui de aluminiu, cât și ca un arbore ce are o ureche cu orificiu pentru montarea pe partea laterală a transmisiei. Adaptorul pentru oală are profilul necesar al arborelui pentru proiectarea potențiometrului. Această piesă este separată de transmisia melc-roata melcată pentru a face posibilă asamblarea întregului sistem. Motoarele pentru degetul mare au fost poziționate astfel încât să nu interfereze cu nici o altă componentă din interiorul zonei de palmier a mâinii. Carcasa mai mare a transmisiei a necesitat o așezare în unghi pentru a atinge unghiul optim de poziționare a degetelor. Această carcasă se înșurubează la o placă-suport din fibră de carbon principală cu aceleași elemente de fixare ca celelalte carcase.

#### 4. Concluzie

Am studiat mai multe variante de mâini mecanice, și astfel am ajuns la o variantă de sistem ce este foarte apropiat de sistemul mâinii reale. Realizarea acestuia nu este una costisitoare, și reprezintă cea mai ieftină alternativă prezentă pe piață ce deține aceste funcții.

Consider că această ramură a ingineriei se poate dezvolta și mai mult și se pot crea și alte alternative mai ieftine și mai aproape de mâna umană. Astfel, cei ce au nevoie de o astfel de proteză, să nu simtă lipsa mâinii foarte tare.

#### 5. Bibliografie

- [1]. Adee,S.(2008,2), Dean Kamen's,'Luke Arm'Prosthesis Readies for Clinical Trials. Retrieved from IEEE Spectrum:  
<http://spectrum.ieee.org/biomedical/bionics/dean-kamens-luke-arm-prosthesis-readies-for-clinical-trials>
- [2]. Advanced Arm Dynamics. (2012). BeBionic V2. Retrieved from Advanced Arm Dynamics:  
<http://www.armdynamics.com/caffeine/uploads/files/BB2.jpg>
- [3]. Amputee Supplies, Inc. (2010). Hosmer Model 5X - Adult Size Prosthetic Hook. Retrieved from Amputee Supplies:  
<http://amputeesupplies.com/images/5xa-prosthetic-hook.gif>
- [4]. Arthur Finnieston Prosthetics + Orthotics. (2012). Arms/Hands. Retrieved from Arthur Finnieston Prosthetics + Orthotics:  
[http://www.extremeprosthesis.com/images/comp\\_hand.png](http://www.extremeprosthesis.com/images/comp_hand.png)

- [5]. Bradford, G. M. (n.d.). Limb Prosthetics Services and Devices Critical Unmet Need: Market Analysis. Bioengineering Institute Center for Neuroprosthetics.
- [6]. Cowan, W. (2012). Cowan's Auctions. Retrieved from Cowan's Auctions:  
<http://www.cowanauctions.com/itemImages/p4135.jpg>
- [7]. DEKA Research. (2009). The DEKA Arm. Retrieved from DEKA Research:  
[http://www.dekaresearch.com/deka\\_arm.shtml](http://www.dekaresearch.com/deka_arm.shtml)
- [8]. Dillow, C. (2011, 2 10). DARPA's Brain-Controlled Robotic Arm Fast-Trackd, Could Be Available in Just Four Years. Retrieved from PopSci:  
<http://www.popsci.com/science/article/2011-02/darpar-brain-controlled-robotic-arm-could-be-available-just-four-years>
- [9]. Fingertech Robotics. (2012). Motor Controllers. Retrieved from Fingertech Robotics:  
<http://www.fingertechrobotics.com/prodimages/electronics/tinyESCv2.jpg>
- [10]. Kulley, M. (2003). Retrieved from  
[http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108\\_2003\\_Groups/Hand\\_Prosthetics/stats.html](http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2003_Groups/Hand_Prosthetics/stats.html)
- [11]. Mchugh, S. (2012). Profile Pictures. Retrieved from Facebook.
- [12]. MIGUELEZ, J. (2009). Upper Extremity Prosthetics. In Care of the Combat Amputee (pp. 611-613).
- [13]. New Launches. (2010). Mind-controlled prosthetic arm all set to be tested. Retrieved from New Launches:  
[http://www.newlaunches.com/archives/mindcontrolled\\_prosthetic\\_arm\\_all\\_set\\_to\\_be\\_tested.php](http://www.newlaunches.com/archives/mindcontrolled_prosthetic_arm_all_set_to_be_tested.php)
- [14]. Phillipe, T. (2012). Advancing prosthetic limb technology with robotics. Retrieved from Electronic Products:58  
[http://www2.electronicproducts.com/Advancing\\_prosthetic\\_limb\\_technology\\_with\\_robotics-article-fabd\\_alion\\_aug2011-html.aspx](http://www2.electronicproducts.com/Advancing_prosthetic_limb_technology_with_robotics-article-fabd_alion_aug2011-html.aspx)Autor, A. și Autor, B. (anul), "Titlul articolului", în: A.