

РОБОТСКА РУКА КОНТРОЛИСАНА КОМПЈУТЕРСКИМ МОДЕЛОМ

ROBOTIC ARM CONTROLLED WITH COMPUTER MODEL

Аутор:

ФИЛИП СТОЈКОВИЋ

IV разред

Регионални центар за таленте, Београд II

Ментор:

Проф. **МАТЕЈА ОПАЧИЋ** дипл. маш,

Асистент, Факултет Информационих Технологија Београд

РОБОТСКА РУКА КОНТРОЛИСАНА КОМПЈУТЕРСКИМ МОДЕЛОМ

РЕЗИМЕ

Људи су још од почетка постојања од различитих материјала покушавали да направе замену за одређени део тела. Последњих 50 година, технологија је довела до тога да роботи базирани на људским рукама помажу раду и стварању. Данас, једна од најактуелнијих и најбољих технологија која је развијена је управљање роботима помоћу компјутерског 3D модела. Нажалост, роботски системи за 3D контролисање у реалном времену кошта хиљаде долара да се купе. Циљ овог пројекта је да изради компјутерски контролисану роботску руку са сличном функционалношћу, а која кошта много мање. У домен овог пројекта спада дизајнирање и прављење хардвера и софтвера за упордељиву роботску руку. Завршени пројекат ће се састојати од роботске руке са 6 степени слободе, компјутерски контролисане електронике, и софтвера за контролу у реалном времену и учење руке.

Кључне речи: Роботска рука, 3D контрола, компјутерски модел.

ROBOTIC ARM CONTROLLED WITH COMPUTER MODEL

SUMMARY

Since the beginning of the existence, people tried to make replacement for body parts using various materials. In the last 50 years, technology has led to robots based on human arms to help in work and creation. Today, one of the best and most popular technologies that has developed is a robot, controlled using 3D computer models. Unfortunately, robotic systems for 3D control costs thousands of dollars to buy. Goal of this project will be to develop a computer-controlled robotic arm with similar functionality, which costs much less. The scope of this project includes designing and building hardware and software for comparable robotic arm. Completed project will consist of a robot arm with 6 degrees of freedom, computer controlled electronics, and software for real-time control and learning of the arm.

Key words: Robotic arm, 3D control, computer model.

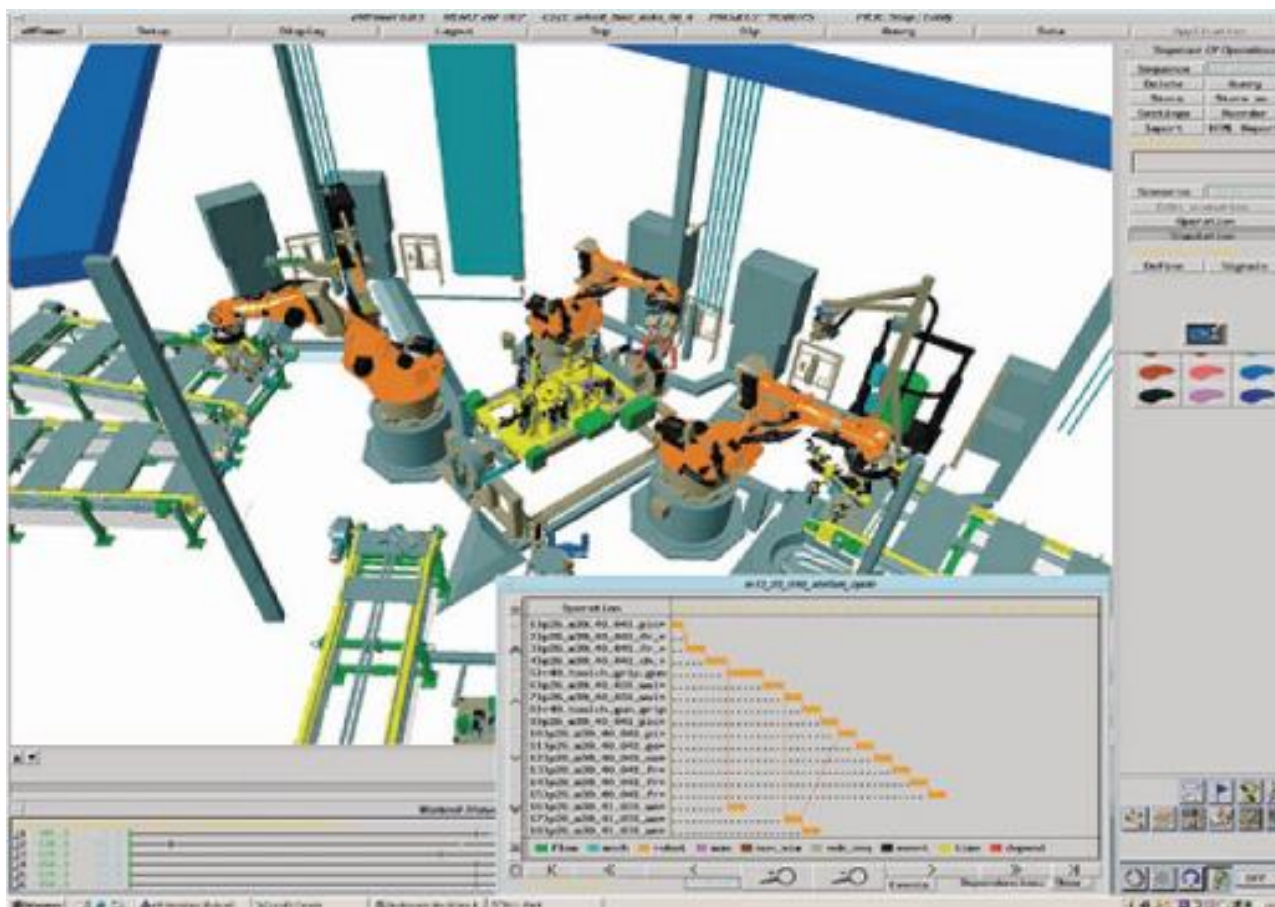
УВОД

Реч робот потиче од Чешке речи „*робота*“, што значи принудни рад. Може се рећи да та реч описује већину робота. Највећим делом, роботи у свету су дизајнирани да буду што дуготрајни, једноставнији, и ефикаснији.

Они раде послове који су тешки, опасни или досадни за људска бића. Најчешћа врста радног робота је **роботска рука**. Индустријски робот је дефинисан по [ISO^{\[1\]}](#) као аутоматски контролисана, вишенаменска манипулациона машина са неколико степени слободе кретања, која може бити фиксна или покретна, а користи се за аутоматизацију у индустрији. Подела се може извршити према више критеријума, на пример, према степену слободе, типу кретања, напајању, нивоу интелигенције итд.

Такође, у данашње време се роботске руке све више могу разврставати по начину на који су програмиране и контролисане. Један од начина који пружа велике могућности у односу на остале методе је контролисање компјутерским 3D моделом.

На тржишту постоји велики избор роботских руку контролисаних на разне начине, па чак и помоћу 3D модела. Најпопуларнији роботски систем за 3D управљање на свету је ROBOCAD. Иако је тај систем врхунског квалитета, цена му је још увек јако висока. У овом пројекту циљ ће ми бити израда роботске руке заснована на сличним принципима као и роботски систем ROBOCAD-а. Мораће да буде брза, одговара на команде истог момента, и за почетак да буде способна да помера неке објекте. Слика бр. 1 приказује кориснички интерфејс за контролу у ROBOCAD-у, а уједно је и то пример како ће изгледати и мој завршени пројекат роботске руке и система за контролу. ROBOCAD [1].



Слика 1 – Кориснички интерфејс у ROBOCAD-у

Picture 1 – User interface in ROBOCAD

ЛИСТА СИМБОЛА

GUI - Graphical user interface - Је врста корисничког интерфејса који омогућава кориснику интеракцију са електронским уређајима са првенствено сликама, а не само текстом.

Inverse Kinematics - Односи се на коришћење кинематике робота и једначина, за утврђивање заједничких параметара који обезбеђују жељени положај.

Риговање – Rigging - Представља прављење арматуре и коришћење за анимирање модела.

Stepen slobode - Degree of freedom - У механици, степен слободе је број параметара који дефинишу конфигурацију механичког система.

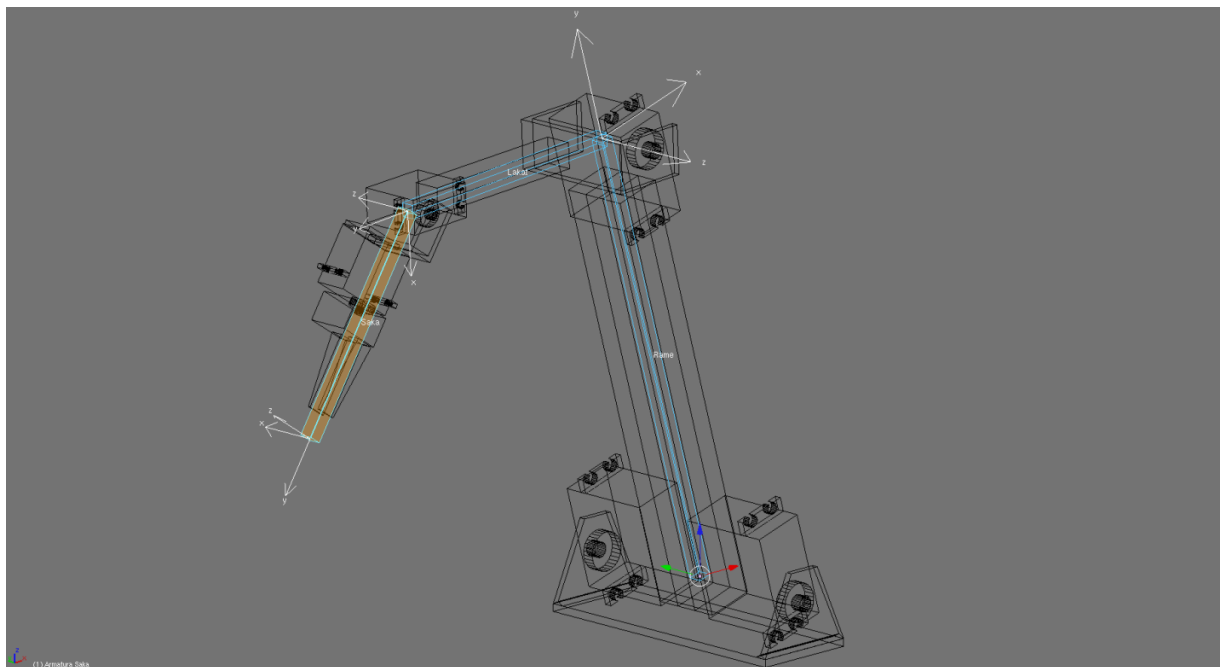
Серво мотор - Представља спојени DC мотор са енкодер да би омогућио контролу положаја, брзине и повратне информације.

АЛАТИ И МЕТОДИКА РАДА

1. Софтвер

За прављење модела, риговање и анимације коришћен је **Blender 2.49**. Разлози су то што је бесплатан, open source програм и има велики број алата и могућности. За мене најбитнија ствар је то што Blender има интегрисан Python, што ми омогућава комуникацију са серијским портом. Такође, за Blender постоји пуно форума и блогова где се може пронаћи помоћ. Blender је преузет са званичног сајта <http://www.blender.org/download/get-blender/>.

Прављење 3D модела у Blender-у није нешто компликовано. Убацују се објекти из менија који се појављује притиском на дугме space и обликују се уласком у edit мод помоћу тастера tab. Риговање је већ компликованији део, за који су ми били потребни додатни туториали, али на линку <http://www.blenderguru.com/videos/introduction-to-rigging> пронашао сам све што ми је било потребно. Суштина је у додавању арматуре, опет притиском space-а и бирања опције `armature` и на крају повезивање објеката са арматуром. Такође јако битна ствар била је опција `inverse kinematics` да би 3D модел роботске руке могао да се помера у складу са законима физике и што сличније људској руци.



Слика 2 - 3D модел руке са арматуром
Picture 2 – 3D model of arm with armatures

Други део софтвера чини програмски код који комуницира између 3D модела и USB порта који је написан у **Python-y 26**. Овај програмски језик сам пре свега користио у свом пројекту зато што је интегрисан у Blender-u и може да да комуницира са серијским портом. С обзиром да Python по default-у не види USB порт, користио сам и модул по имену **pyserial**. На крају, употребио сам и модул **pywin32**, зато што сам радио на Windows-u, а без тог модула Python на Windows-u не би могао ни да ради. Python и оба модула преузета су са званичног сајта <http://www.python.org/download/>.

Сврха коришћења Python-а за овај пројекат је то што је било неопходно да имам програм који читава на колико се степени налази сваки угао на 3D моделу и затим да те податке шаље микроконтролеру преко USB порта у виду унапред дефинисаних цифара. То ми је представљало један од већих проблема на овом пројекту, али уз мало истраживања и изучавања **pyserial** модула, успео сам да направим програм који ми је био потребан. Такође сам направио и GUI помоћу програма **Blender-Python GUI** који сам преузео са линка <http://people.oregonstate.edu/~dennisa/Blender/BPG/>. То ми је омогућило да направим опцију за укључивање и искључивање слања података за поједине зглобове на руци, штеловање руке и дугме за конекцију и дисконекцију са серијским портом.

На слици 2. се може видети исечак Python кода без GUI-ја, који служи за читавање података са 3D модела руке, претварање у одговарајућу цифру и слање серијском порту.

```
Rame = 3
Lakat = 2
Saka = 4
Osnova = 1

eul = Blender.Object.Get("Rame").getEuler("worldspace")
R = 90 - degrees(eul.y)

if Blender.GUI['rame-ON'].val:
    R += Blender.GUI['rame-set'].val
    data += chr(Rame) + chr(int(R))

eul = Blender.Object.Get("Lakat").getEuler("worldspace")
lakat = 90.0 - degrees(eul.y)
L = 180.0 - (lakat - R)

if Blender.GUI['lakat-ON'].val:
    L += Blender.GUI['lakat-set'].val
    data += chr(Lakat) + chr(int(L))

eul = Blender.Object.Get("Saka").getEuler("worldspace")
saka = 90.0 - degrees(eul.y)
S = saka - (lakat - 90.0)

if Blender.GUI['saka-ON'].val:
    S += Blender.GUI['saka-set'].val
    data += chr(Saka) + chr(int(S))

eul = Blender.Object.Get("Osnova").getEuler("worldspace")
O = 90.0 - degrees(eul.z)

if Blender.GUI['osnova-ON'].val:
    O += Blender.GUI['osnova-set'].val
    data += chr(Osnova) + chr(int(O))
```

Слика 3 - Исечак Python кода

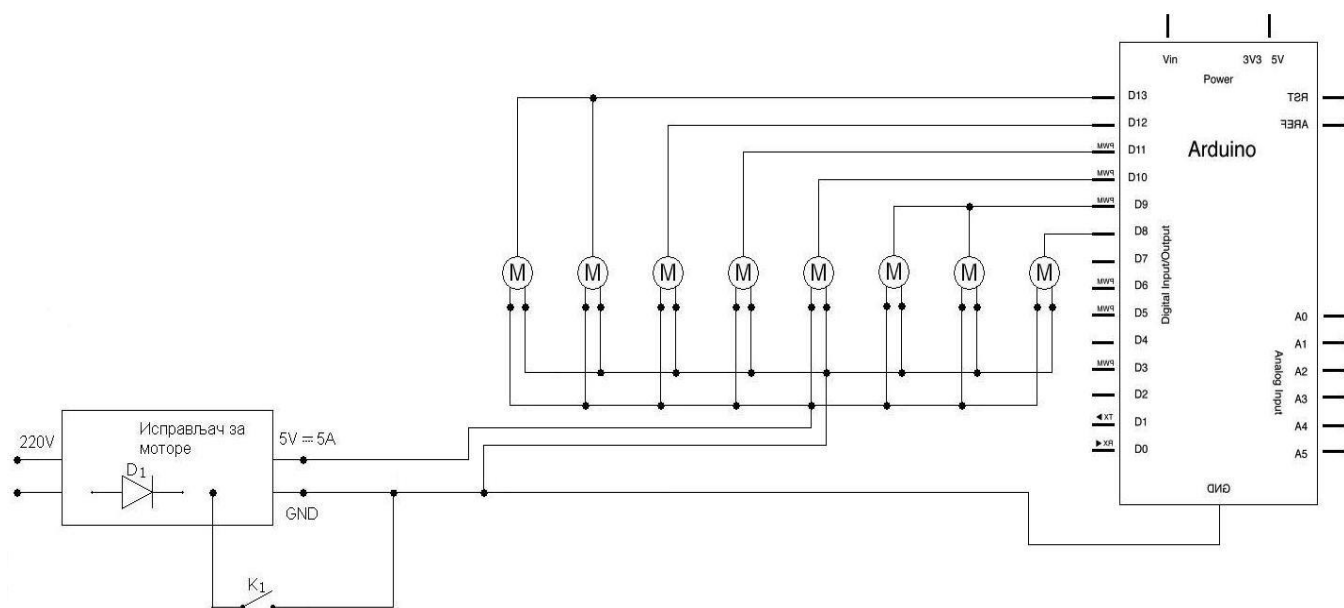
Picture 3 – Piece of Python code

2. Електроника

Што се тиче електронике, користио сам микроконтролер **Amтел Atmega 328** на програмерској плочици **Arduino Uno**. Ардуино платформу за програмирање сам одабрао зато што је open source, програмира се у програмском језику сличном C++-у, и за ардуино постоји библиотека за управљање серво моторима.

Његова сврха је да податке који долазе са USB порта претвара у одређену висину напона коју онда шаље одговарајућим серво моторима на роботској руци. Програм није било тешко написати. Суштина је у декларисању сваког серво мотора и везивање цифара које шаље Python за сваки мотор посебно. Све неопходне информације нашао сам на сајту <http://arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>, у одељку за серво библиотеку.

Други проблем је било напајање, зато што ардуино није способан да поднесе толико струје, а већи серво мотори које сам користио могу да вуку и до 3 ампера. Зато сам одлучио да користим екстерно напајање, које ми омогућава струју и до 15 ампера. Самим тим сам морао и да направим плочу, на којој се жице са сваког серво мотора спајају са напојном јединицом. На истој тој плочи се разврставају и жице са потенциометара из сваког серво мотора, и даље иду на излаз где спајају са микроконтролером.



Слика 4 - Електрични дијаграм

Picture 4 – Electrical diagram

3. Механика

За конструкцију руке користио сам четвороугаоне цеви и пластику, зато што су оба лаки материјали и није тешко радити са њима. Што се тиче мотора, користио сам различите серво моторе због специфичних потреба сваког зглоба на руци.

За основу конструкције која ротира целу руку и „лакрат“, користио сам по један **МС-L530MG** analog metalgear серво, зато што тај тип мотора има велику снагу и металне зупчанике, а то ми је било потребно јер те две осовине трпе велику тежину.

С обзиром да „раме“ руке представља зглоб за највећим оптерећењем, користио сам 2 **BMS-L530MG** analog metalgear серво мотора, који је јачи и прецизнији од претходна 2 наведена мотора и самим тим одговара тој позицији.

„Шака“ је део руке којем је потребно највише прецизности, па сам због тога користио 2 **Spectrum DS821** digital metalgear серво мотора, један за подизање и спуштање шаке по Y-оси, а други за ротирање шаке.

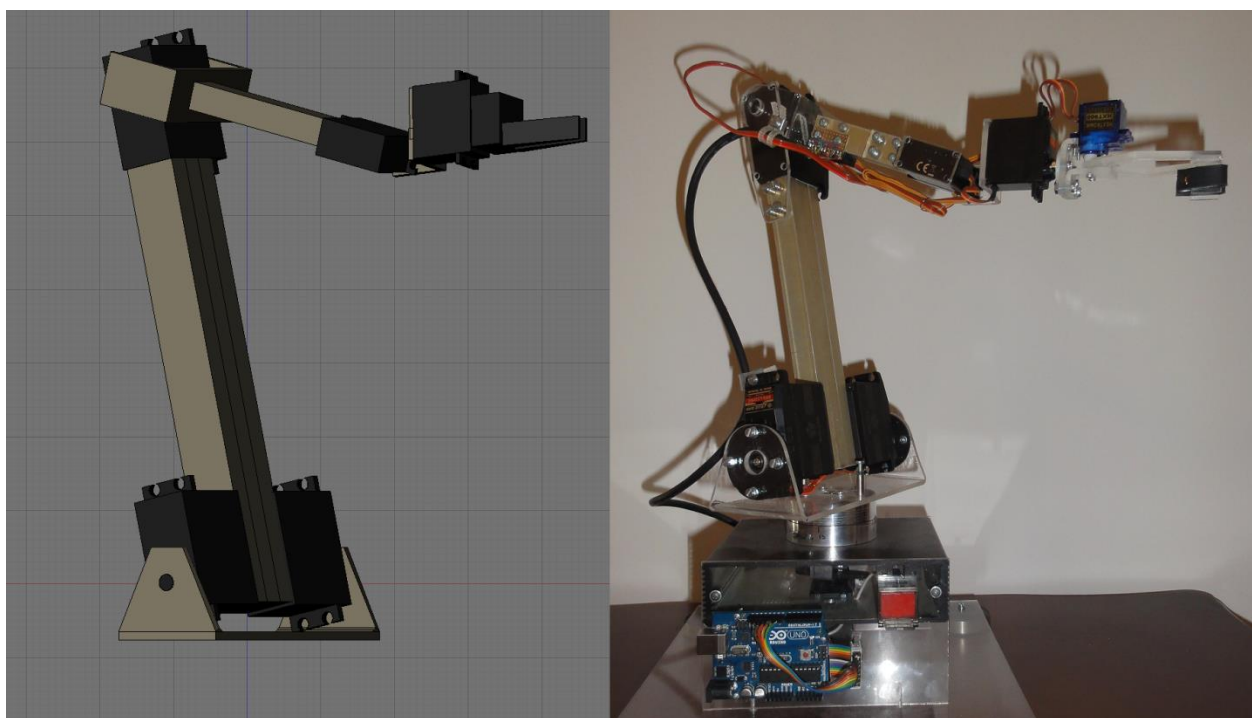
За хватаљку на шасти сам одабрао 2 **HXT900** analog plasticgear серво мотора, највише зато што ми је њихова величина одговарала, а за хватаљку није ни потребан посебно јак мотор.

4. Алати

Што се тиче алата, за сечење алуминијумских цеви користио сам обичан бонсек, а за пластику сам користио убодну тестеру са ситним зупцима. Електронику сам саставио помоћу лемилице марке Weller, а за проверавање контакта користио сам Unimer универзални инструмент. Остале алате као што су сечице, клешта итд. нећу набрајати.

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Циљ овог пројекта био је да се направи компјутерски контролисана роботска рука. Као што је приказано на слици 5 пројекат је успео. Успешно је направљена роботска рука контролисана помоћу компјутерског 3D модела, способна да извршава различите операције. Један од првобитних циљева је био и да се постигне сличан резултат као са програмом ROBOCAD, а слика испод то и доказује.



Слика 5 - Завршени пројекат. Лево 3D модел, десно роботска рука

Picture 5 – Finished project. On the left side is 3D model, on the right side robotic arm

Роботска рука и 3Д модел су јако добро наштеловани да покрет једног одговара покрету другог. Контрола је прецизна, онолико колико је то могуће са хоби серво моторима, али оно што је јако важно је то што је контрола једноставна, брза и ефикасна. У поређењу са резултатима великих компанија и роботским системима као што је на пример ROBOCAD, ова рука пружа сличне резултате.

Ова роботска рука пружа велике могућности у развоју будућих пројеката и зато што ће сваки добијени резултат помоћи стварању боље роботске руке.

Постоје роботске руке које су прецизније од руке из овог пројекта. До мањка прецизности је довело то што сам користио хоби серво моторе за које је познато да нису линеарни.

Такође се може узети у обзир и додавање сензора за притисак на хватаљку руке. Тако би корисник био информисан када робот чврсто држи неки предмет, а када га може испустити.

У погледу на будуће пројекте, исход овог отвара многа врата. Прво и можда најбитније, пружа могућност стварања анимација. Додајући могућност снимања вишеструких дестинација за кретање роботске руке, дугме play омогућава аутоматско кретање руке по утврђеној путањи. Такође се може узети у обзир и додавање сензора за притисак на хватаљку руке. Тако би корисник био информисан када робот чврсто држи неки предмет, а када га може испустити.

Модел који је направљен у Blender-у омогућава контролу над роботском руком, а исто тако могу се направити и 3D модели осталих објеката у околини руке, што би допринело још реалнијем и ефикаснијем приступу. На пројекту се такође могу узети у обзир и друга побољшања. Значајно се може допринети на прецизности руке уколико би се користили много јачи серво мотори. Притисак на осовине који ствара маса конструкције постао би недовољан да позиција потенциометра и стварна позиција мотора долазе у конфликт, и спречило би се трзање мотора.

Основни циљ овог пројекта био је израда роботске руке контролисане компјутерским моделом. Међутим, исход је довео до још већих циљева и изазова и одлучио сам да последња модификација, односно побољшање на овом пројекту, буде контролисање 3D модела руком, супротно од контролисања руке моделом. Сматрам да би то довело до великог побољшања прецизности и изузетно брзог репрограмирања роботске руке. То ће бити један од главних циљева на унапређењу овог пројекта у будућности.

ЗАКЉУЧАК

Помоћу овог начина израде и контролисања робота, може се направити роботска рука која пружа сличне могућности, а кошта много мање у односу на остале комерцијалне моделе. Уз помоћ ове руке, аутоматизација се може довести на виши, а једноставнији ниво, програмирање руке се може радити много брже, а и контрола би била ефикаснија и једноставнија.

ЗАХВАЛНОСТ

Желим да се захвалим свима који су подржали мој пројекат, а посебно педагогу школе Тањи Поњавић и професорки математике Милени Животић, који су ме пријавили за центар за таленте и мом тати Славиши Стојковићу због савета око механике.

ЛИТЕРАТУРА

[1.] ROBOCAD

(http://www.dijitalis.com/documents/tx_robcad_fs_W5_tcm53-4965.pdf)

[2.] University of Victoria Faculty of Engineering Summer 2004 ELEC499A Computer Controlled Robot Arm,

(http://www.ece.uvic.ca/~elec499/2004a/group08/documents/final_report.pdf)

[3.] OSHA Technical Manual Section IV: Chapter 4, Industrial Robots And Robot System Safety

(http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_4.html)

[4.] Lec4 Robot Classification

(<http://www.authorstream.com/Presentation/Garrick-37951-lec4-robot-classification-ARM-GEOMETRY-RECTANGULAR-COORDINATES-CYLINDRICAL-clas-Education-ppt-powerpoint/>)

[5.] Python Documentation

(<http://www.python.org/doc/>)

[6.] Arduino Tutorials

(<http://arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>)