

Általános információk, a diplomaterv szerkezete

A diplomaterv szerkezete a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán:

1. Diplomaterv feladatkiírás
2. Címoldal
3. Tartalomjegyzék
4. A diplomatervező nyilatkozata az önálló munkáról és az elektronikus adatok kezeléséről
5. Tartalmi összefoglaló magyarul és angolul
6. Bevezetés: a feladat értelmezése, a tervezés célja, a feladat indoklottsága, a diplomaterv felépítésének rövid összefoglalása
7. A feladatkiírás pontosítása és részletes elemzése
8. Előzmények (irodalomkutatás, hasonló alkotások), az ezekből levonható következtetések
9. A tervezés részletes leírása, a döntési lehetőségek értékelése és a választott megoldások indoklása
10. A megtervezett műszaki alkotás értékelése, kritikai elemzése, továbbfejlesztési lehetőségek
11. Esetleges köszönetnyilvánítások
12. Részletes és pontos irodalomjegyzék
13. Függelék(ek)

Felhasználható a következő oldaltól kezdődő L^AT_EX diplomatervsablon dokumentum tartalma.

A diplomaterv szabványos méretű A4-es lapokra kerüljön. Az oldalak tükörmargóval készüljenek (mindenhol 2,5 cm, baloldalon 1 cm-es kötéssel). Az alapértelmezett betűkészlet a 12 pontos Times New Roman, másfeles sorközzel, de ettől kismértékben el lehet térni, ill. más betűtípus használata is megengedett.

Minden oldalon – az első négy szerkezeti elem kivételével – szerepelnie kell az oldalszámnak.

A fejezeteket decimális beosztással kell ellátni. Az ábrákat a megfelelő helyre be kell illeszteni, fejezetenként decimális számmal és kifejező címmel kell ellátni. A fejezeteket decimális aláosztással számozzuk, maximálisan 3 aláosztás mélységben (pl. 2.3.4.1.). Az ábrákat, táblázatokat és képleteket célszerű fejezetenként külön számozni (pl. 2.4. ábra, 4.2. táblázat vagy képletnél (3.2)). A fejezetcímeket igazítsuk balra, a normál szövegnél viszont használjunk sorkiegyenlítést. Az ábrákat, táblázatokat és a hozzájuk tartozó címet igazítsuk középre. A cím a jelölt rész alatt helyezkedjen el.

A képeket lehetőleg rajzoló programmal készítsék el, az egyenleteket egyenlet-szerkesztő segítségével írják le (A L^AT_EX ehhez kézenfekvő megoldásokat nyújt).

Az irodalomjegyzék szövegközi hivatkozása történhet sorszámozva (ez a preferált megoldás) vagy a Harvard-rendszerben (a szerző és az évszám megadásával). A teljes lista névsor szerinti sorrendben a szöveg végén szerepeljen (sorszámozott irodalmi hivatkozások esetén hivatkozási sorrendben). A szakirodalmi források címeit azonban mindig az eredeti nyelven kell megadni, esetleg zárójelben a fordítással. A listában szereplő valamennyi publikációra hivatkozni kell a szövegben (a L^AT_EX-sablon a Bib_TE_X segítségével mindezt automatikusan kezeli). Minden publikáció a szerzők után a következő adatok szerepelnek: folyóirat cikkeknél a pontos cím, a folyóirat címe, évfolyam, szám, oldalszám tól-ig. A folyóiratok címét csak akkor rövidítsük, ha azok nagyon közismertek vagy nagyon hosszúak. Internetes hivatkozások megadásakor fontos, hogy az elérési út előtt megadjuk az oldal tulajdonosát és tartalmát (mivel a link egy idő után akár elérhetetlenné is válhat), valamint az elérés időpontját.

Fontos:

- A szakdolgozatkészítő / diplomatervező nyilatkozata (a jelen sablonban szereplő szövegtartalommal) kötelező előírás, Karunkon ennek hiányában a szakdolgozat/diplomaterv nem bírálható és nem védhető!
- Mind a dolgozat, mind a melléklet maximálisan 15 MB méretű lehet!

Jó munkát, sikeres szakdolgozatkészítést, ill. diplomatervezést kívánunk!

FELADATKIÍRÁS

Az egyre növekvő ipari fejlődés következménye, hogy manapság egyre elterjedtebbé válnak a teljesen automatizált gyártósorok. Míg régen az ipari robotok alkalmazása kizárólag a tömeggyártásban volt jellemző, manapság már a kis sorozatszámú vagy akár az egyedi gyártásban is megjelennek. Ennek következményeként megnőtt az igény az egyre bonyolultabb, változatosabb ipari robotok és robotos gyártócellák alkalmazására. Ezek már nem csak egy egyszerű ipari folyamatokat hajtanak végre, hanem egyre összetettebb feladatokat látnak el, amelyeket már nem lehet előre beállítani a gyártósor beüzemelésékor. Ehelyett célszerű mesterséges intelligenciát használni a probléma megoldásához.

A feladat célja egy komplex robots pakolási feladat részfolyamatainak összehangolása és integrációja. A feladat során a hallgatónak egy olyan programot kell elkészíteni, amely a bementére kapott, a robotkar által megfogható munkadarabok, valós térbeli koordinátáiból megállapítja a robotkar ütközésmentes pályáját, ami közel ideális úton végrehajtja a pakolási feladatot. A feladat kidolgozása a következő lépésekből áll:

- A kapcsolódó szakirodalom alapján röviden tekintse át a feladattal kapcsolatos általános alapfogalmakat.
- Ismertesse az egyes részfolyamatok feladatát.
- Tervezze meg a program be- és kimeneteli állományát.
- Implementálja az inverz kinematikai probléma matematikai megoldását.
- Valósítsa meg a részfolyamatok integrációját.
- Demonstrálja az elkészült rendszert, tesztelje és mutasson be futási eredményeket.
- Értékelje és összegezze az elkészült programot.



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

Elektronikus terelők

SZAKDOLGOZAT

Készítette
Bodor Máté

Konzulens
dr. Kovács András
Konzulens Kettő

2019. november 13.

Tartalomjegyzék

Kivonat	i
Abstract	ii
1. Feladat definíció nov 15	1
1.1. Bemeneti paraméterek	1
1.1.1. Munkadarabok kiinduló- és célhelyzete	1
1.1.2. Robotkar kiinduló- és végállapota	2
1.1.3. Környezet modell	2
1.1.4. Robotkar általános paraméterei	2
1.1.4.1. A kar csuklóinak száma	2
1.1.4.2. Szöggyorsulás	2
1.1.4.3. Szögsebesség	3
1.1.4.4. Kartagok paraméterei	3
1.1.4.5. Megfogó paraméterei	3
1.2. Feladat definíció	3
1.2.1. Inverz kinematika	3
1.2.2. Sorrendtervezés	3
1.2.3. Pályatervezés	3
Köszönetnyilvánítás	4
Függelék	5
F.1. A TeXstudio felülete	5
F.2. Válasz az „Élet, a világmindenség, meg minden” kérdésére	6
Irodalomjegyzék	5

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott *Bodor Máté*, szigorló hallgató kijelentem, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, csak a megadott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait (szerző(k), cím, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, készítés éve, konzulens(ek) neve) a BME VIK nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig az egyetem belső hálózatán keresztül (vagy autentikált felhasználók számára) közzétegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. Dékáni engedéllyel titkosított diplomatervek esetén a dolgozat szövege csak 3 év eltelte után válik hozzáférhetővé.

Budapest, 2019. november 13.

Bodor Máté
hallgató

Kivonat dec 6

Jelen dokumentum egy diplomaterv sablon, amely formai keretet ad a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán végző hallgatók által elkészítendő szakdolgozatnak és diplomatervnek. A sablon használata opcionális. Ez a sablon \LaTeX alapú, a *TeXLive* \TeX -implementációval és a PDF- \LaTeX fordítóval működőképes.

Abstract

This document is a L^AT_EX-based skeleton for BSc/MSc theses of students at the Electrical Engineering and Informatics Faculty, Budapest University of Technology and Economics. The usage of this skeleton is optional. It has been tested with the *TeXLive* T_EX implementation, and it requires the PDF-L^AT_EX compiler.

1. fejezet

Feladat definíció nov 15

A szakdolgozati feladatom egy közel valós idejű sorrend és pályatervezési általános megoldó készítése, robotos pakolási feladatokhoz. A probléma megoldásához az egyes részfeladatokat ellátó könyvtárak a rendelkezésemre álltak. Ezen könyvtárak egy részét a SZTAKI bocsátotta rendelkezésemre, de volt köztük olyan is amit az önálló laboratóriumi munkám során készítettem el. A megoldó a szükséges bemeneti paraméterek magadása után, ilyen például a munkadarabok helyzete, egy a robotkar által ütközés-mentesen bejárható pályát ad vissza. Ez az út időben egy közel optimális megoldása a munkadarabok célba juttatásának.

1.1. Bemeneti paraméterek

A feladat megoldása során szükségesek bizonyos bemeneti paraméterek, amiket a megoldás során állandónak tekintünk. Ezek az értékek lehetnek előre adottak vagy az érzékelők adatai alapján generáltak. Az adott, állandó konstans érték, lehet például a környezet modellje vagy a robotkar egyes paraméterei.

1.1.1. Munkadarabok kiinduló- és célhelyzete

A munkadarabok kiindulási helyzete egyes érzékelők adatai alapján könnyen meghatározhatók. Az egyik leghatékonyabb módszer kamera segítségével meghatározni az egyes munkadarabok helyzetét.

Nem elegendő egy munkadarab pontos helyének leírásához egy a robotkar rögzítési pontját origónak tekintő Descartes koordináta rendszert használni. Mivel a munkadarabok nem pontszerű testek, így nem elég tudni csak a munkadarabok tengelyekhez mért távolságát. Egy munkadarab több féle pozícióban helyezkedhet el aszerint, hogy hány stabil egyensúlyi helyzete van.

A munkadarabok pontos helyének leírásához az elméleti összefoglalóban már említett világkoordináta rendszert használjuk. Ekkor a térben az egyes munkadarabok helyzetét egy négy dimenziós mátrix írja le. Az egyes munkadarabok kiinduló helyéhez egy ilyen mátrixot rendelhetünk bemeneti paraméterként. Legyen ennek a kiinduló hely mátrixnak az x -edik munkadarabhoz rendelt jele WS_x .

A munkadarabok célhelyzete előre meghatározott. Megoldandó feladattól függ, hogy az egyes munkadarabokhoz ugyanazt vagy egyedi célhelyzetet rendeljünk. Az általánosabb használhatóság miatt, minden egyes munkadarabhoz célszerű egyedi értéket rendelnünk. A kiindulóhelyzethez hasonlóan a célhelyzetet is világkoordináta rendszerben adjuk meg. Legyen az x -edik munkadarab célhelyzet mátrixának jele WE_x .

1.1.2. Robotkar kiinduló- és végállapota

A hagyományos zárthurkú ipari robotok mozgásukat előre beprogramozott ciklus szerint végzik így a kiinduló- és végállapotuk megegyezik. Esetünkben ez nem mindig van így, ezért a robotkar mozgásának tervezésekor szükségünk van a robotkar kezdeti és végállapotára.

A robotkar egy állását az egyes csuklók szögeinek megadásával jellemezhetjük. Legyen egy n csuklóból álló robotkar egyes csuklóinak szöge $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$. Ekkor a csuklók szögei egyértelműen meghatároznak egy R robotkar konfigurációt, azaz $R = [r_1, r_2, r_3, \dots, r_n]$. A robotkar kiinduló és végállapotát is egy ilyen R robotkar konfigurációval adhatjuk meg. Legyen a kiindulóállapotát leíró robotkar konfiguráció R_s és a végállapot leíró pedig R_e .

Abban az esetben ha R_s és R_e megegyezik a robotkar mozgása során pályáról, abban az esetben ha különböznek útról beszélhetünk.

1.1.3. Környezet modell

A robotkar és környezetének modellje elengedhetetlen a robotos projektek fejlesztése során. A modell segítségével vizsgálhatjuk meg a robot és környezete kölcsönhatását. A robot és a környezet is egy térbeli testtel közelítjük. Ha a robot és környezete kölcsönhatását vizsgáljuk, elegendő csak a térbeli testek ütközését vizsgálni. A környezet és a robotkar is különálló elemekből épül fel. Egy elem háromdimenziós modelljét a hozzátartozó STL fájl írja le. Bemeneti paraméterként ezekre az STL fájlokra van szükségünk.

1.1.4. Robotkar általános paraméterei

Ahhoz hogy a robotkar mozgását vizsgáljuk szükséges tudnunk a mozgását befolyásoló paramétereket. Egy robotkar csuklókból és a csuklókat összekötő kartagokból áll. Az utolsó kartag végére jellemzően valamilyen eszközt rögzítenek, amivel a robot tudja érzékelni vagy befolyásolni környezetét. Robotkaros pakolási feladatoknál általában ez a munkadarabok megfogásához szükséges eszköz.

A tervezés és modellezés során a robotkar gyári adatait használjuk. Fontos azonban kiemelni, hogy a robotkarok rendelkeznek a gyártási pontatlanságokból adó eltérésekkel. Ezen eltérések nagyban befolyásolhatják a robotkarmozgását. Ezért éles használat előtt korrigálni kell ezen adatokat.

A tervezés során a SZTAKI-ban megtalálható UR5-ös robotkart vettem alapul. De a feladat megoldása során törekedtem az általános felhasználhatóságra. Egy robotkart nagyon sok paraméterrel jellemezhetünk. A megoldás során azonban eltekintünk bizonyos paraméterektől, amik nem, vagy kis mértékben befolyásolják a robot mozgását. Ilyen például a robotkar terhelhetősége és az ebből származó mozgás változás.

1.1.4.1. A kar csuklóinak száma

A robotkar csuklóinak száma nagyban befolyásolja egy robot kar mozgási képességeit. Egy egy csuklóbból álló robotkar egy tengely mentén képes mozgást végezni. A robotkar csuklószámának növelésével nő a robotkar mozgásának bonyolultsága, több tengely, dimenzió mentén képes mozogni a kar. Jelölje a robotkar csuklóinak számát NJ .

1.1.4.2. Szöggyorsulás

A kar mozgásidejét nagyban befolyásolja a csuklóinak szöggyorsulása. Az egyes robotcsuklók gyorsulása nem állandó, sok paraméter befolyásolhatja. A feladat megoldása során a csuklók szöggyorsulását a csuklók maximális szöggyorsulásával közelítettük. Vezessünk be egy JAx paramétert ami a robotkar x -edik csuklójának gyorsulását jellemzi.

1.1.4.3. Szögsebesség

A csuklók szögsebessége a szöggyorsuláshoz hasonlóan nagyon sok paraméter befolyásolja. Általánosságban a robotkar csuklói addig gyorsulnak amíg el nem érik a maximális szögsebességet, ami még nem veszélyezteti a robotkar mozgását. Ez a szögsebesség az estek nagy részében megegyezik a robotcsukló előre specifikált maximális szögsebességével. A feladat megoldása során szögsebesség alatt ezt a maximális szögsebességet értjük. Legyen JV_x a robotkar x -edik csuklójának szögsebessége.

1.1.4.4. Kartagok paraméterei

A robot mozgásának matematikai számításához szükségünk van az egyes kartagok hosszára. Legyen d_0 a robot kar rögzítési pontját és az első csuklót összekötő kartag hossza, az első és második csuklót összekötő kartag hossza d_1 és így tovább.

1.1.4.5. Megfogó paraméterei

A robotkar végén elhelyezkedő eszköz esetünkben egy a pakolási feladat munkadarabjait megfogni képes megfogó. A munkám során két paraméterét használta fel, egyik a megfogó eszköz hossza, jelölje TCP_h a másik a megfogó pofák egymástól való távolsága ez legyen TCP_w . Ezeket az adatokat főként a pályatervezésnél és az inverz kinematikánál használok fel.

1.2. Feladat definíció

1.2.1. Inverz kinematika

1.2.2. Sorrendtervezés

1.2.3. Pályatervezés

Köszönetnyilvánítás

Ez nem kötelező, akár törölhető is. Ha a szerző szükségét érzi, itt lehet köszönetet nyilvánítani azoknak, akik hozzájárultak munkájukkal ahhoz, hogy a hallgató a szakdolgozatban vagy diplomamunkában leírt feladatokat sikeresen elvégezze. A konzulensnek való köszönetnyilvánítás sem kötelező, a konzulensnek hivatalosan is dolga, hogy a hallgatót konzultálja.

Függelék