



**2020**

---

**Propunere de proiect pentru admiterea la studii de master**

---

**1. Date personale ale candidatului:**

1.1. Nume:	<b>Bacs</b>
1.2. Prenume:	<b>Andrei</b>
1.3. An nastere:	1997
1.4. Anul absolvirii universitatii:	2020
1.5. Adresa:	Str. Italiana, nr.24, bl.z5 , sc. A, Ap.3, Oradea, Bihor
1.6. Telefon:	0721630875
1.7. Fax:	
1.8. E-Mail:	abacsro@gmail.com

**2. Date referitoare la forma de invatamant absolvită de candidatul:**

2.1. Institutia de invatamant:	<b>Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca</b>
2.2. Facultatea	<b>Automatica si Calculatoare</b>
2.3. Specializarea	Automatica si Informatica Aplicata

**3. Titlul propunerii de cercetare (in limba romana):**

**(Max 200 caractere)**

SISTEM DE CONTROL PENTRU AUTO-BALANSAREA UNEI BICICLETE ROBOT FOLOSIND METODE DE CONTROL AVANSAT

**4. Titlul propunerii de cercetare (in limba engleza):**

**(Max 200 caractere)**

CONTROL SYSTEM FOR SELF BALANCING A ROBOT BICYCLE USING ADVANCED CONTROL METHODS

**5. Termeni cheie: (Max 5 termeni)**

Introduceti un singur termen pe camp.

1	Linear Quadratic Regulator(LQR)
2	Model de control predictiv liniar(LMPC)
3	Model de control predictiv neliniar(NMPC)
4	Reinforcement Learning
5	

**6. Durata proiectului 2 ani.****7. Prezentarea propunerii de cercetare:***[Va rugam sa completati max. 4 pag. in ANEXA 1]***8. Date referitoare la lucrarea de licență:****8.1. Titlul lucrării de licență:**

SISTEM DE CONTROL PENTRU AUTO-BALANSAREA UNEI BICICLETE ROBOT

**8.2. Rezumatul lucrării de licență:**

(Max 2000 caractere)

Dezvoltarea unui sistem de control pentru auto-balansarea bicicletei robot

**9. Activitatea stiintifica a candidatului:***[Va rugam sa completati ANEXA 2]*

---

**DATA: 20.07.2020****TITULAR DE PROIECT,**  
Nume, prenume: **Bacs Andrei**  
Semnatura:

## 7. Prezentarea programului de cercetare: (maximum 4 pagini)

### 7.1. STADIUL ACTUAL AL CUNOASTERII IN DOMENIU PE PLAN NATIONAL SI INTERNATIONAL, RAPORTAT LA CELE MAI RECENTE REFERINTE DIN LITERATURA DE SPECIALITATE.\*

Metodele întâlnite în cazul menținerii echilibrului în cadrul vehiculelor cu două roți autonome sunt următoarele: metoda stabilizării dinamice, metoda balansării greutății, metoda roții de reacție, metoda giroscopului de control al impulsului (CMG).

Metoda balansării masei se folosește de o structură mecanică simplă, structură ce nu reușește de multe ori să creeze cuplul necesar menținerii în echilibru a vehiculului. În cadrul acestei metode, parametrul controlat este cuplul de înclinare prin intermediul unui pendul inversat sau o masă deplasată în lateral [1].

Un astfel de exemplu este prezentat în lucrarea [2] în care s-a folosit o masă de echilibrare pentru a stabili bicicleta chiar și în cazul unei viteze liniare egale cu zero. Ca algoritmi de control, aceștia au folosit liniarizarea intrării-ieșiri pentru urmărirea unei traiectorii și "output-zeroing" pentru menținerea echilibrului. Tot Keo și Yamakita au dezvoltat mai apoi o bicicletă ce se folosește atât de un element de tip pendul inversat cât și de controlul direcției. Astfel au reușit să aducă bicicleta în echilibru mai repede și să o mențină aceasta stare de echilibru pentru o perioadă mai îndelungată. [3]

Metoda stabilizării dinamice implică folosirea forței centrifuge ce apare în momentul virajelor pentru a echilibra vehiculul. În aplicațiile ce folosesc metoda stabilizării dinamice, unghiul și cuplul de virare sunt variabilele controlate [1]. Unul dintre primi roboți de tip motocicletă cu un sistem de viraj automat a fost realizat de către Ruijs și Pacejka [4]. O altă metoda este [5], în care s-a folosit controlul cuplului de viraj pentru ca robotul să urmărească o traiectorie curbilinie. Un alt exemplu este [6], în care s-au folosit servomotoare pentru a modifica cuplul de pe axa de virare. Sistemul folosit în oferă trei grade de libertate: viteza, unghiul de înclinare și unghiul de virare. Aceștia se folosesc de modelul Whipple pentru a proiecta și modela sistemul. O noutate adusă este folosirea variației liniare a parametrilor (linear-parameter-varying (LPV)). Prin testare s-a descoperit eficiența metodei în cazul deplasării cu viteze mici, în ciuda factorilor perturbatori externi.

Metoda giroscopului de control al impulsului implică folosirea unor elemente ce generează un impuls ce se opune forței gravitaționale. Această metodă este folosită în principal atunci când bicicleta este staționară sau la viteze mici de deplasare.

Un exemplu mai recent este prezentat în [7], unde este folosit un volant ce se învârt la viteze mari pentru a crea cuplul necesar contracarării forței gravitaționale. În această lucrare sunt folosite două platforme de test: una ce folosește un singur grad de libertate pentru cadrul pendulului inversat și unul cu 3 grade de libertate ce îi permite rotirea pe toate cele 3 axe. Metodele de control folosite în acest caz sunt: un regulator PID și Sliding mode Controller (SMC). Rezultatele obținute confirmă faptul că metoda CMG poate controla activ sisteme inerent instabile precum pendulul inversat, biciclete, motociclete, etc.

Metoda roții de reacție este implementată printr-o roată a cărei viteze de rotație crește sau scade, generând astfel un cuplu reactiv. Această roată se învârt paralel cu cadrul bicicletei. În momentul în care bicicleta începe să se încline, motorul atașat la roata de reacție acționează cu un cuplu de reacție ce readuce bicicleta în poziția de echilibru. Un astfel de sistem deși este ieftin poate consuma multă energie și nu poate produce îndeajuns de mult cuplu pentru a readuce sistemul în echilibru în anumite situații. Kanjanawanishkul [8] folosește următoarele metode de control: Linear Quadratic Regulator (LQR), model de control predictiv liniar (LMPC) și model de control predictiv neliniar (NMPC).

\*se descriu principalele cercetări și rezultate din domeniu cu referire la lucrări științifice sau cărți care prezintă acele rezultate. Toate lucrările menționate la punctul 7.4 trebuie citate în această secțiune

### 7.2. OBIECTIVELE PROIECTULUI \*\*

Obiective:

- Dezvoltarea unui sistem de control folosind metode avansate de control
- Implementarea sistemelor de control pe bicicleta robot
- Dezvoltarea unor algoritmi ce permit deplasarea în linie curba

\*\* Vor fi descrise obiectivele teoretice și cu caracter practic urmărite în cadrul proiectului.

### 7.3. DESCRIEREA PROIECTULUI\*\*\*

În cadrul acestei lucrări voi îmbunătăți algoritmi deja dezvoltați în cadrul licenței mele și voi introduce noi metode de a controla menținerea echilibrului. Voi folosi tehnici precum: Reinforcement Learning, LQR, LMPC, NMPC pentru a dezvolta algoritmi robuști de control. Rezultatele vor fi analizate pentru a găsi metoda cea mai eficientă de control.

\*\*\*se prezintă o analiză critică a rezultatelor actuale (secțiunea 7.1) și se propun eventuale îmbunătățiri, dezvoltări, soluții

care vor constitui obiectul activității de cercetare pe perioada studiilor de master. Vor fi detaliate activitățile ce urmează să fie desfășurate în cadrul proiectului (activități de cercetare, dezvoltare, implementare, experimentare, etc)

#### 7.4. REFERINTE BIBLIOGRAFICE

##### References

- [1] J. P. M. A. L. Schwab, "A review on bicycle dynamics and rider control," *Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, vol. 51, no. 7, pp. 1059-1090, 2013.
- [2] Y. M. Lychekeo, "Trajectory Control for an Autonomous Bicycle with Balancer," in *2008 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*, Xi'an, China, 2008.
- [3] M. Y. Lychekeo, "Control of an Autonomous Electric Bicycle with both Steering and Balancer Controls," in *2009 IEEE Control Applications, (CCA) & Intelligent Control*, St. Petersburg, Russia, 2009.
- [4] H. P. P. Ruijs, "Recent research in lateral dynamics of motorcycles," *Vehicle System Dynamics*, vol. 15, no. 1, pp. 467-480, 1986.
- [5] K. Y. M. T. Taichi Saguchi, "Stable running control of autonomous bicycle robot," *Nihon Kikai Gakkai Ronbunshu, C Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C*, vol. 73, no. 7, pp. 2036-2041, 2007.
- [6] V. C. D. D. R. D. Andreo, "Experimental results on LPV stabilization of a riderless bicycle," in *2009 American Control Conference*, St. Louis, 2009.
- [7] S. K. M. V. G. C. K. R. a. U. O. H. Yetkin, "Gyroscopic Stabilization of an Unmanned Bicycle," in *2014 American Control Conference - ACC 2014*, Portland, Oregon, USA, June 2014.
- [8] K. Kanjanawanishkul, "LQR and MPC controller design and comparison for a stationary self-balancing bicyclerobot with a reaction wheel," *Kybernetika*, vol. 51, no. 1, p. 173-191, 2015.

#### 7.5. OBIECTIVELE SI ACTIVITATILE DE CERCETARE DIN CADRUL PROIECTULUI\*\*\*\*:

An	Obiective stiintifice (Denumirea obiectivului)	Activitati asociate
An1	1. Modelare matematica a procesului	1.Analiza
		2. Dezvoltare model
	2. Dezvoltarea algoritmilor LQR, LMPC, NMPC	1.Proiectare
		2.Implementare
An 2	1 Dezvoltarea algoritmilor Reinforcement Learning	1.Proiectare
		2.Implementare
	2.Analiza critică a rezultatelor	1. Testarea algoritmilor dezvoltați
		2.Alegerea algoritmului cel mai eficient

\*\*\*\* Obiectivele cercetării reprezintă descrierea rezultatelor așteptate iar activitățile asociate reprezintă modalitatea prin care acestea vor fi obținute. Activitățile delimitează fazele/etapele atingerii obiectivului. Fiecarui obiectiv îi corespund mai multe activități de realizare.

#### **7.6. CONSULTANTI\*\*\*\*\***

Conf.Dr.Ing. Roxana Rusu-Both
-------------------------------

\*\*\*\*\*lista persoanelor pe care le-ați consultat la elaborarea propunerii și/sau cu care se va colabora pe perioada activității de cercetare

**9. Activitatea științifică a candidatului:****9.1. PREMII OBTINUTE LA MANIFESTARI ȘTIINȚIFICE.**

--

**9.2. PARTICIPAREA CU LUCRARI LA SESIUNI DE COMUNICARI ȘTIINȚIFICE.**

--

**9.3. PUBLICATII.**

[se va atasa copie a articolului considerat cel mai semnificativ ]

**9.4. PARTICIPAREA IN PROGRAME DE CERCETARE-DEZVOLTARE NATIONALE SI INTERNATIONALE**

(nume proiect/director proiect/cadru didactic care a supervizat cercetarea – pentru proiecte din UTCN)

(nume proiect/director proiect/institutia in care s-a derulat cercetarea – pentru proiecte din afara UTCN)

--

**9.5. BURSE OBTINUTE.**

- FINANTATORUL;
- PERIOADA SI LOCUL;
- PRINCIPALELE REZULTATE SI VALORIFICAREA LOR;

In anii universitari, 2017-2018, 2018-2019 si 2019-2020 - Bursă de merit acordată în cadrul Facultății de Automatică și Calculatoare, pentru obținerea mediei între 8 și 9.