

1

**КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ
ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ**

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 05.09.2023. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Анђеле Марковић под насловом „Вишекритеријумска анализа одлучивања у пројектовању компензатора у системима аутоматског управљања”. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Анђела Марковић је рођена 19.10.1999. године у Смедеревској Паланци. Основну школу „Херој Иван Мукер“ у Смедеревској Паланци завршила је као носилац Вукове дипломе, а потом Математичку гимназију у Београду такође као носилац Вукове дипломе. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписала је 2018. године. Дипломирала је 2022. године на одсеку Сигнали и системи са просечном оценом 9,43. Током студија била је ангажована као демонстратор на Катедри за сигнале и системе. Дипломски рад под насловом „Анализа и препознавање садржаја регистарских таблица“ под менторством проф. Др Жељка Ђуровића одбранила је 30.09.2022. са оценом 10. Мастер академске студије уписала је у октобру 2022. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на одсеку Сигнали и системи. Од новембра 2022. године је запослена у Институту Михајло Пупин.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Анђела Марковић је као припрему за израду мастер рада спровела свеобухватно истраживање литературе која се односи на област дизајнирања компензатора у системима аутоматског управљања. Посебно је анализирала примену вишекритеријумске анализе одлучивања (МЦДА) у оптимизацији ових система. У склопу свог истраживања, идентификовала је да постоји потреба за интеграцијом МЦДА са технологијама као што је машинско учење како би се побољшала ефикасност и прецизност дизајна компензатора. Управо у томе је пронашала прилику да представи нови приступ: комбинацију аналитичког хијерархијског процеса и машинског учења. Овом комбинацијом, Анђела Марковић нуди решење које омогућава бољу оптимизацију компензатора узимајући у обзир стварне податке и понашање система, а не само теоријске моделе. Циљ овог приступа је да се постигну боље перформансе у системима аутоматског управљања, уз истовремено смањење сложености традиционалних метода.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 53 стране, са укупно 19 слика, 16 табела и 11 референци. Рад садржи увод, 6 поглавља и закључак (укупно 8 поглавља) и списак коришћене литературе, списак слика и табела.

Прво поглавље представља увод у изазове пројектовања компензатора у савременим системима аутоматског управљања, наглашавајући сложености које су настале технолошким напретком. Дискутује се о ограничењима традиционалних метода дизајна заснованих на интуицији и искуству инжењера, док се истовремено препознаје растућа потреба за прецизнијим и напреднијим методама. Рад ће се ослањати на теоретску и практичну анализу како би се истражила интеграција методе вишекритеријумске анализе одлучивања (МЦДА) са

техникама машинског учења, нарочито АНР методом, са циљем унапређења приступа пројектовању компензатора.

Друго поглавље се бави основама система аутоматског управљања. У уводном делу овог поглавља представљена је општа концепција система аутоматског управљања. Након тога, осветљава се концепт система са негативном повратном спрегом, који је од суштинске важности за стабилност и перформансе управљања. Последњи делови поглавља су посвећени карактеризацији континуалних система, при чему је посебан фокус стављен на карактеризацију система у временском домену, што је кључно за разумевање и анализу динамике и одзива система.

Треће поглавље је фокусирано на компензаторе, који су кључни елементи у системима аутоматског управљања. На почетку поглавља, позиционирање компензатора у системима са негативном повратном спрегом је размотрено, јер њихов положај у систему може значајно утицати на перформансе. Следи део који обрађује начине пројектовања компензатора и различите стратегије које инжењери могу користити. Анализа каскадне компензације разматра специфичну технику која се користи за повећање ефикасности управљања. Поглавље такође обрађује два врло важна типа компензатора: Phase-Lag и Phase-Lead, разматрајући њихове карактеристике и предности. Крај поглавља је посвећен PID контролеру, једном од најчешће коришћених инструмената у области управљања, са посебним акцентом на начину рада овог контролера.

Четврто поглавље фокусира се на анализу предложених метода регулације. Уводом у поглавље представљено је подешавање регулатора на основу степ одзива система SRT, који пружа основу за разматрање других техника. Друга метода разматрана је Relay Tuning, где је нагласак на идентификацији параметара регулатора. Затим се прелази на поуздану и широко коришћену Ziegler–Nichols-ову методу одскочног одзива, која представља класични приступ у подешавању регулатора. Као завршни део поглавља, представљена је усавршена Ziegler–Nichols метода (RZN), која нуди рафиниране технике за оптимизацију регулатора у одређеним условима.

Пето поглавље се бави вишекритеријумском анализом одлучивања (MCDA), која представља важан алат у области одлучивања. На почетку поглавља представљен је генерализовани приступ решавања MCDA, који нуди основни оквир за разматрање различитих метода и приступа. Након тога, обрађена је класификација различитих метода вишекритеријумске анализе, чиме се кориснику пружа увид у различите стратегије и технике које се могу применити. Специфичан аспект поглавља је аналитички хијерархијски процес (АНР), који се детаљно разматра. У оквиру ове секције, различите компоненте АНР су обрађене: упоређивање у паровима, приоритетни вектор и метрике доследности. Сваки од ових подела има своју улогу и значај у процесу одлучивања који се базира на АНР методологији.

Шесто поглавље се посвећује елементима машинског учења, са посебним акцентом на различитим методама регресије и техникама регуларизације. Увод у поглавље чини линеарна регресија и концепт регуларизације, који служи као темељ за дубље разматрање специфичних видова регуларизације: Ridge регуларизација (L2) и Lasso регуларизација (L1). Обе ове методе представљају начине на који се модели могу оптимизовати и спречити преобучавање. Последњи делови поглавља посвећени су полиномијалној регресији, која представља метод за моделирање односа који нису стриктно линеарни, и даје увид у сложеније облике веза између података.

Седмо поглавље посвећено је опису алгоритма и представљању експерименталних резултата. У почетку поглавља, фокус је на прикупљању података неопходних за обучавање модела машинског учења. Након тога, детаљно је дефинисан проблем у оквиру аналитичког хијерархијског процеса. Трећи део поглавља бави се формирањем матрице поређења алтернатива користећи моделе машинског учења, што представља једну од кључних компоненти у овом процесу. Завршни део поглавља концентрише се на одређивању глобалних приоритета различитих алтернатива, освежавајући кључне резултате и закључке добијене из претходних анализа.

Осмо поглавље је закључак у коме се сумирају главна сазнања и открића из претходних поглавља. У овом делу преиспитују се основне теме и методологије коришћене током истраживања, стављајући акценат на најзначајније резултате и импликације. Поглавље такође обухвата потенцијална ограничења истраживања и предлаже смерове за будуће радове. Централна порука је да, иако је направљен значајан напредак у области која је проучавана, увек постоје простори за додатна истраживања и унапређења.

4. Анализа рада са кључним резултатима

У овом истраживачком раду, дипл. инж. Анђела Марковић бави се изазовима и методологијама пројектовања компензатора у системима аутоматског управљања у светлу савременог технолошког развоја. Разматра се интеграција затворених негативних повратних спрега и њихова улога у савременим контролним системима.

На почетку, рад пружа детаљан увид у теоријску основу система аутоматског управљања. Описује се како традиционалне методе, које се често ослањају на интуицију и искуство инжењера, постају недостатне у лицу брзог технолошког напретка. Посебна пажња се обраћа на потребу за усвајањем напредних метода које обрађују различите критеријуме и метрике приликом пројектовања.

Кандидат затим представља метод вишекритеријумске анализе одлучивања (MCDA) као кључни алат у овом процесу. Описује како MCDA пружа структурални и математички приступ процесу одлучивања, омогућавајући инжењерима да уравнотеже различите аспекте дизајна компензатора.

Међутим, рад иде корак даље кроз интеграцију Analytic Hierarchy Process (АНП) методе, која омогућава разломак сложених проблема одлучивања на хијерархијске нивое. У комбинацији са моделима машинског учења, овај приступ циља да унапреди процес пројектовања, узимајући у обзир стварне податке и понашање система.

Кроз различите аспекте истраживања, кандидат истиче важност практичности и применљивости нових метода у реалним условима рада. Рад завршава закључком да модерни изазови захтевају иновативне приступе у области аутоматског управљања, а комбиновање АНП методе и машинског учења може бити кључ успеха у будућности.

5. Закључак и предлог

У свом мастер раду, кандидат Анђела Марковић је детаљно обрадила изазове пројектовања компензатора у савременим системима аутоматског управљања. Она је интегрисала методе вишекритеријумске анализе одлучивања и машинског учења, омогућавајући дубоке увиде и оптималне решења у области дизајна компензатора. Примена Analytic Hierarchy Process (АНП) методе у комбинацији са моделима машинског учења је донела нову перспективу у области дизајна и оптимизације.

Кроз многобројне симулације и примену на реалним системима, дипл. инж. Анђеле Марковић је обезбедила веродостојност и практичну применљивост својих налаза.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Анђеле Марковић прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 15.09.2023. године

Чланови комисије:

др Жељко Ђуровић, редовни професор

др Горан Квашчев, ванредни професор