

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 45. став 5. тачка 3. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације: **РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ХИБРИДНОГ МЕТОДОЛОШКОГ ОКВИРА У ФАЗИ ОКРУЖЕЊУ ЗА ОПТИМАЛНО УПРАВЉАЊЕ ПАРАМЕТРИМА ПРОЦЕСА ИЗРАДЕ ПВЦ ПРОИЗВОДА ТЕХНОЛОШКИМ ПОСТУПКОМ ЕКСТРУЗИЈЕ**

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Инжењерски менаџмент**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: **Александар (Даница) Крстић**
2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: **Факултет техничких наука Чачак**
3. Година дипломирања: **2010.**
4. Назив магистарске тезе кандидата:
5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена:
6. Година одбране магистарске тезе:

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ на седници одржаној **17.01.2019.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Нада Штрбац

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-21-9.1.
Бор, 16. 11. 2018. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 15. 11. 2018. године, донело је

О Д Л У К У

I Одређује се Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидата **Александра Крстића**, специјалисте техничких наука, студента докторских академских студија студијског програма Инжењерски менаџмент, под називом: **„Развој и имплементација хибридног методолошког оквира у фази окружењу за оптимално управљање параметрима процеса израде ПВЦ производа технолошким поступком екструзије“**, у саставу:

1. др. Ђорђе Николић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору – ментор;
2. др. Предраг Ђорђевић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору – члан;
3. др. Зорица Вељковић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет – члан.

II Извештај о оцени и научној заснованости предложене теме Комисија из става 1. треба да припреми у року од 30 дана.

Доставити:

- именованом
- студентској служби
- члановима Комисије
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Нада Штрбац

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ**

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај комисије о подобности теме и кандидата Александра Крстића за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. VI/4-21-9.1. од 16.11.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости пријављене теме за израду докторске дисертације кандидата Александра Крстића, под називом: **“РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ХИБРИДНОГ МЕТОДОЛОШКОГ ОКВИРА У ФАЗИ ОКРУЖЕЊУ ЗА ОПТИМАЛНО УПРАВЉАЊЕ ПАРАМЕТРИМА ПРОЦЕСА ИЗРАДЕ ПВЦ ПРОИЗВОДА ТЕХНОЛОШКИМ ПОСТУПКОМ ЕКСТРУЗИЈЕ”**. Предложена тема спада у научно поље Техничко-технолошких наука и научној области инжењерског менаџмента.

На основу расположивог материјала Комисија подноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Општи биографски подаци

Александар Крстић рођен је 30.01.1975. године у Скопљу. Основну и средњу школу - Гимназију природно – математичког смера са одличним успехом завршава у Урошевцу.

Факултет Техничких наука у Чачку, Универзитета у Крагујевцу, завршава 2007. године на смеру Индустријски менаџмент са просечном оценом 8.19/10 и оценом 10/10 на дипломском раду и тиме стиче звање дипломирани инжењер за индустријски менаџмент.

Након завршетка основних студија, школске 2008/09 уписује специјалистичке студије у трајању од годину дана на истом факултету, на смеру Инжењерски менаџмент. Специјалистички рад под називом „Могућности примене програмских решења за пословно одлучивање“ одбранио је 20.10.2010. године са оценом 10/10 и просечном оценом током студија 9.20/10 и тиме стиче звање специјалисте техничких наука.

Школске 2011/12. године уписује докторске академске студије на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, на студијском програму Инжењерски менаџмент, где је током студија положио све испите са просечном оценом 9.78/10.

Од 2000 – 2007. године, ради је у ОШ „Светолик Ранковић“ у Аранђеловцу као наставник информатичке групе предмета. Од 2007-2010.године, ради на Техничком

факултету у Чачку као сарадник у настави на групи предмета у ужој научној области менаџмент и операциона истраживања. Све време је био ангажован на извођењу вежби из следећих наставних предмета: операциона истраживања, теорија одлучивања, стратегијски менаџмент, менаџмент производњом, управљање истраживањем и развојем. Од 2010. године, ради у ОШ „Светолик Ранковић“ у Аранђеловцу као наставник информатичке групе предмета.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

У току досадашњих докторских студија на студијском програму Инжењерски менаџмент, кандидат Александар Крстић је положио следеће испите:

- 1) Методологија НИР-а (оцена 10)
- 2) Маркетинг (оцена 10)
- 3) Систем квалитета (оцена 9)
- 4) Менаџмент знањем (оцена 9)
- 5) Квантитативне методе (оцена 10)
- 6) Докторска дисертација - дефинисање теме (теоријске основе) (оцена 10)
- 7) Докторска дисертација - Студијски истраживачки рад 1 (оцена 10)
- 8) Докторска дисертација - Студијски истраживачки рад 2 (оцена 10)
- 9) Докторска дисертација - Студијски истраживачки рад 3 (оцена 10)

чиме је стекао право да пријави тему за израду докторске дисертације.

Публикације кандидата Александра Крстића:

Радови публиковани у међународним часописима изван SCI листе:

1. **Krstić, A.**, Nikolić Đ., A Taguchi Approach on Optimal Process Control Parameters for PVC Pipe Extrusion Process. International Journal of Advance Research and Innovation, 6(4), 2018, 335-339.

Радови саопштени на научним скуповима међународног значаја (M33, M34)

1. **Krstić, A.**, Some considerations on modern concepts of Knowledge management and E – business, Book of proceedings of 11th International May Conference on Strategic Management – IMKSM2015, Bor, 29-31. May 2015, Serbia , pp. 489-499, ISBN: 978-86-6305-030-3.
2. **Krstić, A.**, Nikolić, Đ., Development of the system criteria for making software solutions for business decision, Book of proceedings of 12th International May Conference on

Starategic Management - IMKSM 2016 , Bor, May 28 - 30, 2016 Serbia, pp. 537-546, ISBN:978-86-6305-042- 6, UDK:004:007]: 004, COBISS.SR-ID 224844044.

3. Riznić, D., Manić, M., **Krstić, A.**, Nove strategije ekološko - ekonomskog rasta i modeli ranagiranja i komparacije dobavljača, knjiga apstrakata, International Scientific Conference on Innovative Strategies and Technologies In Environment Protection, Beograd, 18-20. April 2012. ISBN 978-86-89061-01-7, UDK: 502/504(048), COBISS.SR-ID : 190127372.

Радови саопштени на научним скуповима националног значаја (M63,M64)

1. **Крстић, А.**, Весић, Ј.,О неким аспектима наруџби у индустријској производњи, Зборник радова, СПИН '08, VI Скуп привредника и научника, Операциони менаџмент и европске интеграције стр. 152 - 156, Београд 2008, ISBN: 978-86-7680-164-0, COBISS.SR-ID: 152706572.
2. **Крстић, А.**, Управљање ланцима снабдевања и оптимизација, Зборник радова, СПИН '08, VI Скуп привредника и научника, Операциони менаџмент и европске интеграције, стр. 257- 262, Београд 2008, ISBN: 978-86-7680-164-0, COBISS.SR-ID: 152706572.
3. **Крстић, А.**, О неким аспектима примене савремених концепата у индустријској производњи, Зборник радова, СПИН '09, VII Скуп привредника и научника, Операциони менаџмент и европске интеграције, стр. 345 – 353, Београд 2009, ISBN:978-86-7680-202-9, COBISS.SR-ID: 170738188.
4. **Крстић, А.**, Весић Васовић, Ј., Неке могућности избора добављача применом методе вишекритеријумског одлучивања, SYM-OP-IS 2010, Тара 2010, Зборник радова, Београд, 2010. стр.811-814, ISBN:978-86-335-0299-3, УДК.: 007:005]:004, COBISS.SR-ID: 512315294

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

У оквиру свог досадашњег рада као и истраживачким активностима, кандидат Александар Крстић је исказао значајну способност и самосталност за научно-истраживачки рад у областима моделовања и оптимизације производних система уз примену различитих квантитативних метода.

На основу увида у биографске податке, предочених чињеница о досадашњем раду, објављеним радовима и оствареног искуства кандидата, Комисија констатује да кандидат испуњава формалне услове за рад на изради докторске дисертације као и научно-стручну усмереност ка области којој припада предложена тема (инжењерски

менаџмент: моделовање, вишекритеријумско одлучивање и оптимизација), те се оцењује подобним за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Предмет истраживања

Динамични услови потражње и пословног окружења захтевају од организација примену техника квалитета за класификацију карактеристика производа, које је неопходно испунити, као и примену техника оптимизације у процесима производње/услуга. Њиховим синергичним дејством компаније остварују могућност адекватног реаговања на глобалну конкурентност и испуњавање повећане потражње за квалитетним производом са специфицираним захтевима, корелисаних и конзистентних карактеристика и ниским трошковима производње. У складу са дефинисаним захтевима, индустрија за прераду пластике снажно се фокусира на три важна фактора као што су квалитет, време и трошкови, који се могу постићи применом QFD (енгл. Quality Function Deployment) концепта, MCDM метода за подршку одлучивању (енгл. Multi-Criteria Decision Making) (Zaima et al., 2014; Kahraman et al., 2006), као и концепта робусног инжењеринга квалитета (Singh and Singh, 2012).

Осим смањења времена циклуса и нижих трошкова производње, један од главних циљева технолошког поступка екструзије је побољшање техничких квалитета екструдираних делова. Сложеност процеса екструзије и велики број технолошких процесних параметара отежавају одржавање процеса под контролом. Оптимално подешавање параметара процеса препознато је као један од најважнијих корака у индустрији прераде полимера за побољшање квалитета производа произведених технолошким поступком екструзије (Sharma et al., 2017; Raju et al., 2014). Истраживање утицаја технолошких процесних параметара на појединачне и вишеструке одзиве процеса представља суштину процеса производње. На тај начин се омогућава идентификација кључних процесних параметара и развијање вишеодзивног хибридног оптимизационог модела (Hsiang et al., 2012; Pattnaik et al., 2013; Pandey and Dubey, 2013; Bose et al., 2013).

У складу са предходно наведеним је и дефинисан предмет истраживања у оквиру докторске дисертације, који се фокусира на испитивање и приоритизацију захтева за побољшањем процеса/производа, као и на анализу утицаја технолошких процесних параметара на вишеструке одзиве процеса производње трослојне цеви од непластифицираног ПВИЦ-а (поливинил хлорида) технолошким поступком екструзије. У ту сврху у оквиру истраживања планира се развој и имплементација интегралног методолошког оквира, који ће се састојати из две фазе, а чија ће валидација бити реализована у компанији за прераду и производњу производа од пластичних маса Пештан из Аранђеловца. У првој фази методолошког оквира, формираће се хибридни приступ заснован на вишекритеријумској QFD (енгл. Quality Function Deployment) анализи. Овај сегмент модела представљаће полазну основу за проучавању предметне

области у циљу планирања процеса, планирања производње, и побољшања постојећих производа на тржишту, фокусирајући се при том на захтеве купаца. У наставку, у другој фази методолошког оквира за развој вишеодзивног хибридног оптимизационог модела процеса примениће се Taguchi-фази методологија. Овај други сегмент методолошког оквира имаће за циљ идентификацију, селекцију и анализу утицаја технолошких процесних параметара на вишеструке одзиве процеса. При чему, ови вишеструки одзиви процеса биће разматрани кроз физичко-механичке карактеристике квалитета и оптимизације технолошких параметара израде ПВЦ производа уз испуњавање захтева дефинисаних првим делом модела. Такође, добијене резултате истраживања биће могуће понудити и другим компанијама за прераду полимера и производњу производа од пластичних маса са намером њихове практичне примене. За обраду података и добијање свих резултата у анализи примениће се програмска решења Microsoft Excel, SPSS 25 и Matlab.

2.2. Циљеви истраживања

Основни циљ ове докторске дисертације огледа се у развоју оригиналног интегралног методолошког оквира формираног применом вишекритеријумске QFD анализе и хибридног вишекритеријумског оптимизационог модела за процес израде ПВЦ производа технолошким поступком екструзије. Очекује се да кроз вишекритеријумску структуру QFD-а и приоритизацију испитаних захтева за побољшање процеса/производа, оптимизовани процес допринесе побољшању карактеристика квалитета уз испуњавање дефинисаних захтева купаца. Такође, да се током периода експлоатације производа минимизира могућност деградације оних карактеристика које су за кориснике најзначајније, смањење трошкова производње – производња без шкарта, стварање генеричких, власничких и нових знања о производу и процесу, која се могу применити на будуће производе.

На тај начин, компанијама за прераду полимера и производњу предмета од пластичних маса биће могуће предложити приоритизацију карактеристика квалитета производа, које је неопходно остварити у складу са захтевима и очекивањима купаца и оптимизацију процеса. Штавише, другим сегментом методолошког оквира, омогући ће се успостављање аналитичке међузависности и постизања оптимума између кључних технолошких процесних параметара и вишеструких одзива процеса посматраних кроз физичке и механичке карактеристике квалитета производа.

Стога, у складу са дефинисаним предметом истраживања у оквиру докторске дисертације очекује се остварење следећих циљева:

- Дефинисање потребе/захтева купаца који се могу трансформисати у инжењерске захтеве за побољшање квалитета производа;
- Применом QFD метода и MCDM методе вишекритеријумског одлучивања биће развијен хибридни вишекритеријумски модел, којим ће бити могућа приоритизација карактеристика квалитета производа које је неопходно остварити у складу са захтевима и очекивањима купаца;
- Након тога, утврдиће се хетерогене релације између захтева купаца и инжењерских карактеристика производа;

- Применом Taguchi-фази методологије формираће се хибридни оптимизациони модел којим ће бити могућа вишеодзивна оптимизација процеса производње трослојне ПВЦ цеви технолошким поступком екструзије, чиме се постиже подизање нивоа квалитета уз испуњавање приоритетних захтева дефинисаних кроз вишекритеријумску QFD структуру у оквиру прве фазе развијеног методолошког оквира. На тај начин биће могуће:
 - утврдити ефекат дејства и аналитичку међузависност између контролабилних технолошких процесних параметара појединачних и вишеструких одзива процеса;
 - утврдити који сет пројектованих контролабилних технолошких процесних параметра даје оптималан ефекат на физичке и механичке карактеристике производа, робустан квалитет и поузданост процеса;
 - дефинисати одговоре који доприносе разумевању сложених односа интеракција између технолошких параметара процеса и вишеструких одзива процеса.

2.3. Осврт на релевантне библиографске изворе

Полазна литература која је подстакла истраживање и дефинисање предмета истраживања, односи се на проучавање вишекритеријумске QFD анализе и оптимизације појединачних и вишеструких одзива процеса развојем хибридних вишекритеријумских оптимизационих модела применом Taguchi - фази методологије.

Развој вишекритеријумских QFD модела базиран је на планирању и анализи захтева купаца, са циљем конверзије захтева потрошача/купаца у инжењерске карактеристике (Kahraman et al.,2006; Liu et al.,2010). Са друге стране, развој хибридних вишеодзивних оптимизационих модела орјентисан је на оптимизацију процеса производње и технолошких поступака са циљем побољшања вишеструких одзива процеса, анализе, идентификације и утврђивања ефеката дејства контролабилних технолошких процесних параметара на појединачне и вишеструке одзиве процеса (Gupta et al.,2011; Abda et al.,2016; Rajabloo et al.,2014).

Ефикасно функционисање компанија за производњу производа од пластичних маса подразумева дефинисање стратегијских и оперативних циљева. Сагледавање и дефинисање циљева представља примарни задатак, али и основни услов за наставак континуалног функционисања. Испитивање захтева за побољшањем производа и утврђивање оптималних поставки параметара процеса критички утиче на продуктивност, квалитет и трошкове производње у индустријама за прераду полимера (Raju et al.,2014). Један од стратегијских циљева компанија је да произведу производе високог квалитета и да их пласирају на тржиште уз максимизирање очекиваног профита без повећања трошкова, при том да захтеве и потребе купаца трансформишу у инжењерске карактеристике новог или побољшању постојећег производа. Пластичне цеви произведене технолошким поступком екструзије најчешће се примењују за секундарну и терцијарну дистрибуцији питке воде, транспорт одвода и канала за оптичка влакна. Производни процес заснован је на технолошком поступку екструзије полиолефина (ПО) и поливинил хлорида (ПВЦ). И поред великог броја радова и студија који се баве истраживањем и проблематиком оптимизације различитих процеса и самим процесом производње технолошким поступком екструзије у различитим индустријским секторима, јако мали број је посвећен оптимизацији процеса

производње трослојних цеви од непластифицираног ПВЦ-а технолошким поступком екструзије. За развој с модела заснованог на вишекритеријумској QFD анализи примениће се QFD метода подржана методама вишекритеријумског одлучивања (Zaima et al.,2014; Liu et al.,2010). За оптимизацију појединачних одзива процеса, примениће се Taguchi метода (Dobrzański et al.,2007; Hosseini et al.,2012; Yu et al.,2004). Опсервацијом и анализом појединачних одзива процеса у смислу физичких и механичких карактеристика квалитета, није могуће свеобухватно оптимизовати процес производње технолошким поступком екструзије. За случај вишеструких одзива процеса, примениће се фази логичка јединица FLU (*енгл. Fuzzy Logic Unit*) са циљем да трансформише вишеструке корелиране и конзистентне одзиве процеса у јединствени одзив назван свеобухватна излазна мера- COM (*енгл. Comprehensive Output Measure*). Анализа варијансе (ANOVA) примениће се за процену најутицајнијих технолошких процесних параметара за проблеме појединачних и вишеструких одзива (Lin et al.,2000; Aggarwal et al.,2008; Bose et al.,2013; Barma et al.,2012). Такође, биће урађена експериментална верификација оптималних технолошких процесних параметара на основу развијеног структурног хибридног оптимизационог модела подешавањем технолошких процесних параметара на оптимални ниво. Разлог примене наведених метода огледа се у развоју хибридног вишекритеријумског QFD модела и вишеодзивног хибридног оптимизационог модела, односно идентификацији потреба купаца, које се преводе у инжењерске карактеристике и идентификацији кључних технолошких процесних параметара и њихове аналитичке међузависности са вишеструким корелисаним одзивима процеса. Развојем првог хибридног оптимизационог модела постиже се ефективна квантитативна прецизност за приоритизацију карактеристика производа које је неопходно испунити и дати приоритет карактеристикама на основу очекивања купаца (Zaim et al.,2014). Развојем другог хибридног оптимизационог модела постиже се већи синергетски ефекат него парцијалном оптимизацијом појединачних одзива процеса, а у циљу смањења варијација карактеристика производа, чиме се побољшава квалитет производа уз испуњавање захтева дефинисаних првим моделом и дефинисању параметара ради одређивања њихових оптималних вредности (Rajabloo et al.2014; Gupta et al.,2011; Abda et al.,2016).

Полазни литературни извори:

1. Abda, K., Abharyb, K., Marianb, R. 2016. Multi-objective optimisation of dynamic scheduling in robotic flexible assembly cells via fuzzybased Taguchi approach. *Computers & Industrial Engineering* 99, 250–259.
2. Aggarwal, A., Singh, H., Kumar, P., Singh, M., 2008. Multi-characteristic optimization of CNC turned parts using principal component analysis. *International Journal of Machining and Machinability of Materials*, 3(1/2), 208–223.
3. Anderson, P., Ferreira, J.R., Baletrassi, P.,P., 2007. A multivariate hybrid approach applied to AISI 52100 hardened steel turning optimization. *Journal of Materials Processing Technology*, 189, 26–35.
4. Barma, D., Roy, J., Saha, S.,C., 2012. Process Parametric Optimization of Submerged Arc Welding by using Utility based Taguchi Concept, *Journal of Advanced Materials Research*, 488-489, 1194-1198.
5. Bose, P.,K., Deb, M., Banerjee, R., Majumder,A., 2013. Multi objective optimization of performance parameters of a single cylinder diesel engine running with hydrogen using a Taguchi-fuzzy based approach, *Energy*, 63, 375-386.

6. Dhas, J., Satheesh M., 2003. Multiple Objective Optimization of Submerged Arc Welding Process Parameters Using Grey Based Fuzzy Logic, *Journal of Advances in Production Engineering and Management*, Vol. 7, pp. 5-16.
7. Dobrzański, L.A., Domagala J., Silva J.,F., 2007. Application of Taguchi method in the optimisation of filament winding of thermoplastic composites, *International Scientific Journal*, 28(3), 133-140.
8. Gupta, A., Singh H., Aggarwal, A., 2011. Taguchi-fuzzy multi output optimization (MOO) in high speed CNC turning of AISI P-20 tool steel, *Expert Systems with Applications*, 38, 6822–6828.
9. Heizer, J., Render, B., 2008. *Principles of operations management* (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
10. Kahraman , C., Ertay, T.,Gulcin Buyukozkan, G., 2006. A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. *European Journal of Operational Research* 171, 390–411.
11. Lee, H.T., Yur, J.P., 2000. Characteristic analysis of EDMed surfaces using Taguchi approach. *Materials and Manufacturing Processes*, 15 (6), 781–806.
12. Lin, J.L., Wang, K.S., Yan B.H., 2000. Optimization of electrical discharge machining process based on Taguchi method with fuzzy logics. *Journal of Materials Processing Technology*, 102:48-55.
13. Liu, H.T., Wang, C.H., 2010. An advanced quality function deployment model using fuzzy analytic network process. *Applied Mathematical Modelling*, 34, 3333–3351.
14. Rajabloo, T., Ghafarinazari, A., Seyed Faraji, L., Mozafari, M., 2014.Taguchi based fuzzy logic optimization of multiple quality characteristics of cobalt disulfide nanostructures, *Journal of Alloys and Compounds*, 607, 61–66.
15. Raju, G., M., Sharma, M., Meena L., 2014. Recent Methods for Optimization of Plastic Extrusion Process: A Literature Review, *International Journal of Advanced Mechanical Engineering*, 4 (6), 2014, 583-588 .
16. Hosseini, A., Farhangdoost, Kh., Manoochehri M., 2012. Modelling of extrusion process and application of Taguchi method and ANOVA analysis for optimization the parameters, *MECHANIKA*, Volume 18(3), 301-305.
17. Hsiang, S.,H., Lin , Y.,W., Lai, J.,W., 2012. Application of fuzzy-based Taguchi method to the optimization of extrusion of magnesium alloy bicycle carriers, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 629–638.
18. Pandey, A.,K., Dubey, A.,K., 2013. Multiple quality optimization in laser cutting of difficult-to-laser-cut material using grey–fuzzy methodology, *Int J Adv Manuf Technol*, 65, 421–431.
19. Pattnaik, S., Karunakar, D.B., Jha, P.K., 2013. *Utility-fuzzy-Taguchi based hybrid approach in investment casting process*, Springer Verlag, France.
20. Saaty, T.L., 1980. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.
21. Saaty, T.L., 1996. *Decision making with dependence and feedback: The analytic network process*. Pittsburgh: RWS Publications.
22. Sharma, G.V.S.S., Umamaheswara Rao, R., Srinivasa Rao, P., 2017. A Taguchi approach on optimal process control parameters for HDPE pipe extrusion process, *Journal of Industrial Engineering International*,13, 215–228.

23. Tarnag, Y.S., Yang, W.H., Juang, S.C., 2000. The Use of Fuzzy Logic in the Taguchi Method for the Optimisation of the Submerged Arc Welding Process, *Int J Adv Manuf Technol* 16, 688–694.
24. Yu, J.C., Chen, X.X., Hung, T.R., Thibault, F., 2004. Optimization of extrusion blow molding processes using soft computing and Taguchi's method. *J Intell Manuf*, 15, 625–634.
25. Zaim, S., Sevkli, M., Camgöz-Akdag H., Demirel, O., Yesim, A., Delene, D., 2014. Use of ANP weighted crisp and fuzzy QFD for product development. *Expert Systems with Applications*, 4464–4474.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Процес израде ПВЦ производа технолошким поступком екструзије карактеришу различити процесни параметри. Због тога, одређивање оптималних вредности параметара коришћењем оптимизационих техника представља континуирани инжењерски задатак, који има главни циљ да смањи производне трошкове али уједно оствари жељени квалитет производа.

Многе методе и технике су усвојене од стране производних предузећа како би унапредили своју конкурентност кроз испуњење задовољства купаца побољшањем и оптималним управљањем квалитетом производних процеса. Штавише, у последњих неколико година велики број научних студија разматра комбинацију различитих оптимизационих метода фокусирајући се при томе на превођење захтева купаца у техничке карактеристике нових или побољшаних производа или услуга. Примењене оптимизационе методе се значајно унапређују развојем различитих научних области, као што су примењена математика, статистика, операциона истраживања, дизајн експеримената, симулација и сл., које су подржане напредним компјутеризованим информационим решењима. Стога, конвенционалне технологије израде ПВЦ производа екструзијом се могу значајно иновирати применом знања генерисаног кроз моделовање, симулацију, компјутерске технике и системе вештачке интелигенције.

У складу са дефинисаним предметом и циљевима истраживањима, дефинисане су у наставку и хипотезе докторске дисертације, које би требало обрадити и доказати. Општа хипотеза истраживања је:

Но: Интегралном применом QFD-MCDM и Taguchi-фази методологија може се формирати поуздани методолошки оквир, којим је могуће оптимизирати кључне технолошке параметре процеса производње трослојних цеви од непластифицираног ПВЦ-а технолошким поступком екструзије уз истовремено испуњавање захтева за квалитетом производа дефинисаних од стране купаца.

Поред опште могу се дефинисати и следеће посебне хипотезе:

Постоје многе технике производње и дизајна, као и стратегије које компаније користе за развој нових или иновирање постојећих производа (услуга) (Zaim et al., 2014). QFD (енгл. *Quality Function Deployment*) представља популарану и доказану методу планирања којом се може утврдити шта клијент/купац жели и како преусмерити његове жеље у дизајн финалног производа. Према ауторима Heizer и Render (2008), QFD помаже превођење потреба купаца у техничке спецификације производа додељивањем приоритета сваком атрибуту/функцији производа уз истовремено постављање циљева развоја за исти производ. Штавише, да би се боље представили разноврсни односи између захтева купаца и техничких карактеристика производа, као и утврдили релативни значаји ових елемената, све већи број студија примењује QFD методу подржану алатима вишекритеријумске анализе, где због својих карактеристика предњаче методе АНР (енгл. *Analytic Hierarchy Process*) и АНП (енгл. *Analytic Network Process*) (Saaty, 1980; Saaty, 1996).

H1: Могуће је применом QFD-MCDM modela постићи ефективну квантитативну приоритизацију физичких и механичких карактеристика квалитета трослојних цеви од непластифицираног ПВЦ-а производних технолошким поступком екструзије, а које би требало остварити у сагласности са захтевима купаца.

Оптимизација процеса израде ПВЦ производа технолошким поступком екструзије претпоставља оптимизацију више излазних карактеристика које су, врло често, супротстављене и оптимално решење није јединствено. Потребно је наћи такав скуп решења, вредности улазних параметара, који ће представљати оптимални баланс између жељених излазних карактеристика. Класичне методе експерименталног дизајна су превише сложене и нису лаке за практичну примену у индустријским условима. Посебно, када је неопходно спровести велики број експеримената услед повећања броја процесних параметара. Имајући у виду постојање различитих вишеодзивних оптимизационих модела у литератури, од значаја је развијати и испитивати ефекат ефикаснијих техника, које уз реализацију мањег броја експеримената на поуздан начин такође могу да анализирају дејства процесних параметара на појединачне и вишеструке одзиве процеса. Taguchi- Фази приступом ефикасно се врши избор параметара који имају значајан утицај на излазне карактеристике, утврђује се ниво тог утицаја и омогућава смањене осетљивости процеса (Gupta et al., 2011).

H2: Могуће је применом хибридног приступа, који комбинује Taguchi методу и фази логику, формирати поуздан вишеодзивни оптимизациони модел, којим се може одредити оптималан сет проценских параметара (улаза) као и испитати њихов утицај на излазне карактеристике разматраних ПВЦ производа, добијених технолошким поступком екструзије.

H3: Применом фазификације приликом формирања вишеодзивног оптимизациони модела могуће је ублажити непрецизност и нејасноће информација у моделу, чиме би се постигли оптималнији технолошки услови производње ПВЦ производа.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

За успешну реализацију циљева истраживања и потврђивање постављених хипотеза у докторској дисертацији користиће се основне и посебне методе логичког расуђивања и научног сазнања. Од основних метода научног истраживања биће коришћене следеће методе:

- Експериментални метод
- Метода моделирања
- Статистички метод

Такође, поред основних метода користиће се и следеће посебне методе:

- Индуктивна и дедуктивна метода закључивања
- Аналитичка и синтетичка метода
- Посебне методе апстракције, генерализације и специјализације
- Компарација

За овако дефинисан предмет рада неопходно је применити и следеће специјалне методе:

- QFD метода у циљу планирања процеса и планирања производње за трансформацију захтева купаца у инжењерске карактеристике производа;
- Методе вишекритеријумског одлучивања (АНР и ANP) у циљу класификације карактеристика производа и одређивања њиховог релативног значаја.
- Статистичко моделовање одзива процеса у циљу дефинисања S/N односа – Taguchi метода;
- Фази логика и фази скупови у циљу добијања резултата вишеструких одзива процеса;
- Анализа варијансе (ANOVA) у циљу процене ефекта дејства технолошких процесних параметара на појединачне и вишеструке одзиве процеса;

Избор специјалних научних метода одређен је, првенствено чињеницом да постоји шест корака оптимизације производног процеса:

1. Снимање производне линије и на основу снимања утврђивање броја технолошких процесних параметара као и броја нивоа сваког параметра;
2. Утврђивање нивоа технолошких параметара и дефинисање броја експеримента потребних за оптимизацију производног процеса и одабир одређеног Taguchi-јевог ортогоналног низа;
3. Дефинисање одзива процеса;

4. Анализа, синтеза и систематизација резултата одзива процеса и прорачун S/N вредности;
5. Математичко моделовање на основу релевантних података из предходне фазе.
6. Примена фази логике.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Практичан допринос овог истраживања очекују се кроз развој интегралног методолошког оквира за оптимизацију процеса израде ПВЦ производа технолошким поступком екструзије и на основу резултата, саме верификације оптимума процеса. Као очекивани научни доприноси могу се навести:

- Дефинисање оригиналног интегралног QFD-MCDM-Taguchi-фази методолошког оквира којим је могуће остварити задовољење вишеструких и конфликтних захтева купаца преко одређивања оптималних вредности процесних параметара при изради ПВЦ производа технолошким поступком екструзије.
- Дефинисање оригиналног истраживачког вишекритеријумског QFD приступа за прикупљање и представљање различитих односа између захтева купаца и инжењерских карактеристика ПВЦ производа, као и за утврђивање релативног тежинског значаја ових односа.
- Развој оригиналног хибридног вишеодзивног оптимизационог модела базираног на Taguchi-фази приступу, којим је могуће идентификовати оптимални сет контролних технолошких процесних параметара који оптимизирају вишеструке корелисане одзиве процеса израде ПВЦ производа.
- Унапређена пракса планирања и одлучивања у производњи технолошким поступком екструзије, кроз развој свеобухватног модела који омогућава ефикаснију и квалитетнију израду ПВЦ производа, као и могућност његовог даљег развоја и примене у другим инжењерским областима.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

План истраживања, који одређује ток рада на дисертацији, састоји се из следећих фаза:

- Проучавање релевантних извора литературе;
- Прикупљање података из резултата сличних истраживања;
- Прикупљање релевантних података потребних за истраживање (подаци о процесима производње, технолошким поступцима, одзивима процеса) који могу бити предмет истраживања;

- Прикупљање осталих података релевантних за истраживање (материјали и стандарди);
- Развој модела заснованог на вишекритеријумској QFD анализи;
- Примена модела заснованог на вишекритеријумској QFD анализи;
- Формирање структурног вишеодзивног хибридног оптимизационог модела за оптимизацију процеса производње цеви од непластифицираног ПВЦ-а технолошким поступком екструзије;
- Реализација експерименталног плана истраживања;
- Испитивање и мерење;
- Примена Taguchi методе и анализа варијансе (ANOVA) за оптимизацију појединачних одзива процеса;
- Примена фази логике и анализа варијансе (ANOVA) за оптимизацију вишеструких одзива процеса;
- Експериментална верификација аналитички дефинисаног оптимума.

Оријентициони садржај докторске дисертације се састоји из следећих поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Теоријски оквир истраживања
3. Методолошки оквир истраживања
4. Резултати истраживања
5. Дискусија
6. Закључак
7. Литература
8. Прилози
9. Биографија

Наведена поглавља представљају полазну основу. Ток истраживања може у великој мери утицати на њихову даљу разраду.

Начин избора, величина и конструкција узорка

За потребе истраживања биће коришћени релевантни подаци из производне документације, документације о рекламацијама на производ од стране купаца, лабораторијских извештаја предходних испитивања и мерења, стручна литература и мишљења стручњака из компаније Пештан, који ће бити обрађени одговарајућим методама и алатима. Анализом основа рекламације и захтева корисника, применом браинсторминг концепта дефинисаће се захтеви купаца.

Након снимања производне линије за процес производње предмета истраживања, детерминсања броја технолошких процесних параметара и броја нивоа сваког параметра, примениће се браинсторминг концепт за селекцију и одабир процесних параметра. На основу наведеног, дефинисаће се захтеви купаца за побољшањем производа, потребан број експеримената и одабир одређеног Taguchi-јевог ортогоналног низа, за дефинисање, селекцију и одабир одзива процеса посматраних кроз карактеристике квалитета производа.

Место експерименталног истраживања

Експериментално истраживање ће бити реализовано у компанији за прераду и производњу производа од пластичних маса Пештан из Аранђеловца, у погону за

производњу финалних производа технолошким поступком екструзије ПВЦ-а. Такође, експериментала верификација аналитички дефинисаног оптимума биће реализована у компанији Пештан из Аранђеловца након развоја и формирања структурног хибридног оптимизационог модела. Поступак испитивања и мерења реализоваће се у акредитованој лабораторији компаније Пештан, применом метода и поступка дефинисаних захтевима стандарда.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом података из пријаве теме за израду докторске дисертације кандидата Александра Крстића, студента докторских студија на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду, Комисија закључује да је предложена тема актуела и подобна за израду докторске дисертације, као и да пружа могућност остваривања значајног научног доприноса. Кандидат испуњава све законом предвиђене услове и има истраживачке способности за рад на предложеној теми докторске дисертације.

Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, да кандидату Александру Крстићу одобри израду докторске дисертације под називом: **“РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ХИБРИДНОГ МЕТОДОЛОШКОГ ОКВИРА У ФАЗИ ОКРУЖЕЊУ ЗА ОПТИМАЛНО УПРАВЉАЊЕ ПАРАМЕТРИМА ПРОЦЕСА ИЗРАДЕ ПВЦ ПРОИЗВОДА ТЕХНОЛОШКИМ ПОСТУПКОМ ЕКСТРУЗИЈЕ”** у оквиру уже научне области Инжењерски менаџмент, за коју је Технички факултет у Бору акредитовао докторске студије.

За ментора докторске дисертације предлаже се проф. др Ђорђе Николић, ванредни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, који има већи број публикованих радова у часописима са СЦИ листе.

У Бору, децембар 2018. године

1. Проф. др Ђорђе Николић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

2. Проф. др Предраг Ђорђевић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

3. Проф. др Зорица Вељковић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет у Београду

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Проф. др Ђорђе Николић

Звање: Ванредни професор

Списак радова објављених у научним часописима са *Science Citation Index (SCI)* листе, који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Arsić, S., **Nikolić, D.**, Mihajlović, I., Fedajev, A., Živković, Ž., A New Approach Within ANP-SWOT Framework for Prioritization of Ecosystem Management and Case Study of National Park Djerdap, Serbia, *Ecological Economics*, Vol. 146, 2018, pp. 85-95. (doi: 10.1016/j.ecolecon.2017.10.006, ISSN- 0921-8009; часопис је на SCI листи са IF(2017)=3.895, ранг часописа M21a-21/353 за 2017.г.)
2. Nikolić, N., Jovanović, I., **Nikolić, D.**, Mihajlović, I., Schulte, P., Investigation of the Factors Influencing SME Failure as a Function of Its Prevention and Fast Recovery after Failure, *Entrepreneurship Research Journal*, 2018, Article in press. (doi: 10.1515/erj-2017-0030, ISSN- 2194-6175; часопис је на SCII листи са IF(2017)=1.25, ранг часописа M23-107/140 за 2017.г.)
3. Živković, Ž., Nikolić, D., Savić, M., Djordjević, P., Mihajlović, I., Prioritizing Strategic Goals in Higher Education Organizations by Using a SWOT–PROMETHEE/GAIA–GDSS Model, *Group Decision and Negotiation*, Vol. 26, No 4, 2017, pp. 829-846. (doi: 10.1007/s10726-017-9533-y, ISSN- 0926-2644; часопис је на SCII листи са IF(2017)=1.896, ранг часописа M22-105/209 за 2017.г.)
4. Djordjevic, P., **Nikolic, Dj.**, Jovanovic, I., Mihajlovic, I., Savic, M., Zivkovic, Z., Episodes of extremely high concentrations of SO₂ and particulate matter in the urban environment of Bor, Serbia, *Environmental Research*, Vol 126, 2013, pp. 204-207. (doi:10.1016/j.envres.2013.05.002, ISSN- 0013-9351; часопис је на SCI листи са IF(2013)=3.951, ранг часописа M21-21/216 за 2013.г.)
5. Arsić Milica, **Nikolić Đorđe**, Đorđević Predrag, Mihajlovic Ivan, Živković Živan, Episodes of extremely high concentrations of tropospheric ozone in the urban environment in Bor – Serbia, *Atmospheric Environment*, Vol 45, No 32, 2011, pp. 5716-5724. (doi:10.1016/j.atmosenv.2011.07.024, ISSN- 1352-2310; часопис је на SCI листи са IF(2011)=3.465, ранг часописа M21-25/205 за 2011.г.)
6. **Djordje Nikolić**, Novica Milošević, Ivan Mihajlović, Živan Živković, Viša Tasić, Renata Kovačević, Nevenka Petrović, Multi-criteria Analysis of Air Pollution with SO₂ and PM₁₀ in Urban Area Around the Copper Smelter in Bor, Serbia, *Water, Air and Soil Pollution*, Vol 206, 2010, pp. 369-383. (ISSN- 0049-6979; часопис је на SCI листи са IF(2010)=1.765, ранг часописа M21-19/76 за 2010.г.)
7. **Đorđe Nikolić**, Ivan Jovanović, Ivan Mihajlović, Živan Živković, Multi-criteria ranking of copper concentrates according to their quality- An element of environmental management in the vicinity of copper-smelting complex in Bor, Serbia, *Journal of Environmental Management*, Vol 91, No 2, 2009, pp. 509-515. (ISSN- 0301-4797; часопис је на SCI листи са IF(2009)=2.367, ранг часописа M21-53/181 за 2009. г.)
8. N. Milijić, I. Mihajlović, **Đ. Nikolić**, Ž. Živković, Multicriteria analysis of safety climate measurements at workplaces in production industries in Serbia, *International Journal of*

Industrial Ergonomics, Vol 44, No 4, 2014, pp. 510-519. (doi:10.1016/j.ergon.2014.03.004, ISSN- 0169-8141; часопис је на SCI листи са IF(2014)=1.070, ранг часописа M23-25/43 за 2014.г.)

9. Arsić, M., **Nikolić., Dj.**, Živković, Ž., Urošević, S., Mihajlović, I., The effects of TQM on employee loyalty in transition economy, Serbia, **Total Quality Management and Business Excellence, Vol 23, No 5-6, 2012, pp. 719-729. (doi: 10.1080/14783363.2012.669930, ISSN- 1478-3363; часопис је на SSCI листи са IF(2012)=0.894, ранг часописа M23-111/174 за 2012.г.)**

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 01.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 01.01.2010. године)

Ментор
Проф. др Ђорђе Николић

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Проф. др Нада Штрбац