

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовео комисију: Решењем број 012-199/36-2020 од 27.05.2021. године, декан Факултета техничких наука проф. др Раде Дорословачки на основу Одлуке Научно-наставног већа.		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. др Теодор Атанацковић	Професор емеритус	Механика деформабилног тела, 13.02.2014.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		<b>Председник комисије</b>
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. др Илија Ћосић	Професор емеритус	Производни и услужни системи, организација и менаџмент, 24.03.2016.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		<b>Члан</b>
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. др Радо Максимовић	Редовни професор	Производни и услужни системи, организација и менаџмент, 01.10.2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		<b>Члан</b>
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. др Радивоје Митровић	Редовни професор	Опште машинске конструкције, 25.04.2003.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Машински факултет Београд		<b>Члан</b>
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5. др Никола Градојевић	Редовни професор	Менаџмент и инвестиције у инжењерству, 01.01.2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		<b>Ментор</b>
установа у којој је запослен-а		функција у комисији

6. <b>др Александар Анђелковић</b>	Ванредни професор	Термотехника, термоенергетика и управљање енергијом, 25.09.2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад	<b>Ментор</b>	
установа у којој је запослен-а	функција у комисији	

## II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- Име, име једног родитеља, презиме:  
**Душан (Велимир) Бајатовић**
- Датум рођења, општина, држава:  
**29.11.1967. Равно Село, Врбас, Србија**
- Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:  
**Факултет техничких наука, Нови Сад, Инжењерски менаџмент, модул: Организација и управљање предузећем, Мастер инжењер менаџмента**
- Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:  
**2017. Индустриско инжењерство / Инжењерски менаџмент**

## III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**МОДЕЛИ ТРАНЗИЦИЈЕ И ПРЕДВИЂАЊА СИСТЕМА СНАБДЕВАЊА ПРИРОДНИМ ГАСОМ**

## IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Докторска дисертација кандидата Душана Бајатовића под насловом „Модел трансзиције и предвиђања система снабдевања природним гасом” је изложена у 8 поглавља на 329 страна. Попис коришћене литературе и извора садржи 230 наслова. Литература и извори су дати секвенцијално на крају поглавља 2, 3, 4, 5 и 6. Докторска дисертација користи 30 табела, 165 слика и 8 прилога. Испред основног текста дати су резиме на српском и енглеском језику, списак скраћеница и ознака на две стране, као и садржај на укупно 5 страна.

Садржај докторске дисертације је следећи:

### УВОД

- ПРЕДМЕТ, ЦИЉ, ХИПОТЕЗЕ И МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА
- ТРАНСФОРМАЦИЈА СВЕТСКЕ ЕНЕРГЕТИКЕ У ПЕРИОДУ 2000–2020. ГОДИНЕ И ЊЕНА ДУГОРОЧНА ПЕРСПЕКТИВА
- ТРЖИШТА ПРИРОДНОГ ГАСА У ПЕРИОДУ 2000–2020. ГОДИНЕ И ЊИХОВА ДУГОРОЧНА ПЕРСПЕКТИВА
- ТРЖИШТЕ ГАСА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ И ПЕРСПЕКТИВЕ ЊЕГОВОГ РАЗВОЈА
- МОДЕЛ ЗА ПРОЦЕНУ И ПРЕДВИЂАЊЕ ЦЕНЕ ПРИРОДНОГ ГАСА
- МОДЕЛ ПРЕДВИЂАЊА ПОТРОШЊЕ ПРИРОДНОГ ГАСА
- ЗАКЉУЧЦИ И ПРАВЦИ ДАЉЕГ ИСТРАЖИВАЊА
- ПРИЛОЗИ

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Наслов докторске дисертације** је формулисан стручно и прецизно, у коме се концизно одсликава проблем истраживања и мотивација за спровођење истог.

**Увод докторске дисертације** садржи објашњење кандидатовог опредељења за тему истраживачког рада. У даљем тексту се даје историјски контекст потребе за истраживањем у предметној области. Такође се појашњава и вишеслојни научни и практични допринос дисертације који прожима области енергетике, економије, геополитике, финансијског моделовања, екологије, и инжењерског менаџмента.

У **првом поглављу** читалац се уводи у предмет, циљеве, методолошки контекст и хипотезе истраживања. *Предмет истраживања* у дисертацији је шири оквир транзиције снабдевања и планирања система природног гаса. Под овим се подразумева анализа утицаја технолошког развоја, савремених енергетских трендова, геополитичких фактора и осталих релевантних променљивих на изводљивост предвиђања у моделима система снабдевања природним гасом. Посебан акценат се ставља на могућност предвиђања цене и потрошње природног гаса. Општи *циљ истраживања* у оквирима ове дисертације усмерен је на енергетску транзицију система природног гаса, анализу потреба за природним гасом у свету, анализу општег и геополитичког стања у снабдевању потрошача (држава, региона и др.) и развој модела краткорочног предвиђања цене и потрошње природног гаса. На основу горе наведеног, у овом поглављу се даље наводе четири посебне квантитативне (статистичке) хипотезе истраживања, као и четири опште дескриптивне хипотезе које ова докторска дисертација индиректно тестира. У складу са постављеним циљевима истраживања, биће примењена одговарајућа методологија и модели за прикупљање, обраду, анализу и интерпретацију података. Ово поглавље систематски набраја све методе примењене у дисертацији. На принципу научне дедукције и применом савремених математичких и инжењерских метода, прво ће бити приказана анализа светске енергетике, затим појединачна регионална тржишта, укључујући и европско, и на крају, у раду ће бити представљена детаљна анализа процеса који се одвијају у енергетском комплексу Републике Србије. На крају првог поглавља, дат је преглед извора података и дефинисани су узорци коришћени у емпиријском делу рада.

У **другом поглављу** представљена је детаљна анализа трансформације светске енергетике у периоду 2000–2020. године, као и екстраполација дугорочних трендова у предметној области. Закључује се да ће улога природног гаса у светском енергетском миксу (билансу) неминовно расти. Међу разлозима за такву пројекцију тренда издвајају се следећи: чињеница да гас одговара еколошким захтевима, доказане значајне резерве, релативно лака производња и транспорт. Даље, потражња за природним гасом ће расти у привреди, електроенергетици, транспорту, хемијској индустрији итд. У периоду од 2010. до 2020. године тржиште природног гаса има континуални тренд пораста и боље ценовне конкурентности у односу на друга горива, што резултује и повећањем процента у укупном глобалном енергетском миксу. Такође, у поређењу са другим конвенционалним изворима (који бележе пад) и обновљивим изворима енергије, тренутно представља други по брзини растући извор енергије (после обновљивих извора у случају када се изузме хидроенергија). Ако се пореде ценовно, може се закључити да је природни гас конкурентнији због великих подстицајних издатака у односу на обновљиве изворе енергије. Генерални закључак овог поглавља је да је тржиште природног гаса у претходној деценији позитивно утицало на енергетску сигурност и смањење емисија CO<sub>2</sub> и других загађења у ваздуху. Ово је очигледно на примерима замене горива у енергетским постројењима која су до сада користила угаљ, нафту и њене деривате.

У **трећем поглављу** ова дисертација анализира тржишта природног гаса у периоду 2000–2020. године и њихову дугорочну перспективу. Кроз детаљан третман релевантне литературе и података, у овом поглављу се процењује се да ће удео гаса у наредној деценији у светском енергетском миксу порастати за 40%, а трговина природним гасом ће се повећавати по стопи од 2,6% годишње. Удео течног природног гаса (ТПГ-а) на тржишту ће порастати за више од два пута. Процењује се и да ће трговина цевоводним природним гасом порастати између 15 и 20%. Што се

тиче потрошача гаса, највећи пораст потрошње до 2040. године предвиђа се да ће остварити Кина (процене иду и до трећине светског раста потрошње). Процењује се да ће удео светске трговине ТПГ-ом порастати са садашњих 35% у укупној светској трговини на 52%. Сматра се да ће потрошња природног гаса у ЕУ расти, уз тренд пада сопствене производње. То ће условити да Европа увози додатних процењених 100 милијарди м<sup>3</sup> природног гаса више него данас. За тај посао конкурисаће Северни ток 2 (55 милијарди м<sup>3</sup>), Балкански ток (две цеви, 31,5 милијарди м<sup>3</sup>), нови ТПГ терминали и покушај Америке да извози ТПГ из шкриљаца. Треба имати у виду да је један део Балканског тока намењен за тржиште Турске. Логично, конкуренција на гасним тржиштима биће повећана, инфраструктура ће се развијати, а цене глобализовати и приближаваће се једне другима на различитим тржиштима. Осим нових гасовода и ТПГ терминала, подземна складишта ће се проширивати и повезивати како би се стварали „хабови“, што ће позитивно утицати на побољшање енергетске безбедности.

У **четвртном поглављу** приказана је детаљна анализа процеса који се одвијају у енергетском комплексу Републике Србије, са фокусом на тржиште гаса Републике Србије и перспективе његовог развоја. Закључено је да је за Републику Србију природни гас најоптималније транзиционо гориво које погодује смањењу зависности од нафте и других конвенционалних горива. Са друге стране, ово омогућава и подржава ефикасну примену ниско или угљенично неутралних технологија. Република Србија се тренутно снабдева природним гасом из Руске Федерације на основу дугорочног уговора о снабдевању. Носилац снабдевања је ЈП „Србијасгас“. Снабдевање се може вршити из правца Украјине (потенцијално ризично), кроз Мађарску, и из правца Балканског тока (нова гасна инфраструктура). Домаћа производња под окриљем је НИС-а ће се у скорој будућности брзо смањивати јер га НИС производи и за сопствене потребе. С обзиром на гасну кризу 2009. године неопходно је развијати нову гасну инфраструктуру, нове токове, повезивати се на нове изворе снабдевања, а са друге стране развијати и унутрашњу дистрибутивну мрежу Републике Србије и спремати се за ниско или нула угљеничне енергенте. Ово поглавље такође разматра и четири потенцијална будућа извора снабдевања Републике Србије природним гасом: 1) Балкански ток (Руски гас, нема ризика од стране Украјинског крака); 2) Интерконекција Бугарска–Србија (ТПГ, гас из правца Јужног коридора); 3) Интерконекција Румунија–Србија – нове количине гаса из Црног мора; 4) Ослобађање правца Кишкумдорозма–Хоргош (Мађарска, гас из Северног тока 2 или из скандинавских земаља (Норвешка) или из ТПГ терминала). Завршна разматрања у овом поглављу указују на то да што се пре нови систем са нискоугљеничним технологијама успостави, Република Србија ће раније имати већи простор и за значајније инвестиције. Ако се деси да се врх потражње за природним гасом догоди за десет година, а да је при томе врх инвестиција у гасном сектору прошао, глобално тржиште природног гаса би се у том случају нашло у веома тешкој ситуацији. Република Србија ће се у будућности морати рационалније опредељивати, користећи техно-економски оправдана решења, јер као изузетно мали чинилац глобалног гасног тржишта није у могућности да пуно утиче на његове одлуке.

У **петом поглављу** развија се иновативан нелинеарни модел за процену и предвиђање цене природног гаса на бази дневних података. Резултати указују да је нелинеарни модел неуронских мрежа најпрецизнији у статистичком смислу у односу на све остале методе. Објашњење за супериорност неуронске мреже налази се у знатном одступању промене цене природног гаса од нормалне расподеле, затим у емпиријски доказаној нелинеарној зависности излаза модела од улаза и способности модела за адаптивно учење из података. Овим емпиријским делом докторске дисертације су потврђене, тј. прихваћене нулте хипотезе ( $H_0$ ) квантитативних хипотеза 1, 2 и 3, као и за дескриптивне хипотезе 2 и 3 (док се адекватне алтернативне хипотезе  $H_1$  не прихватају).

У **шестом поглављу** врши се обиман преглед релевантне литературе у области примене вештачке интелигенције за предвиђање потрошње природног гаса. Даље се врши избор кључних временских серија које утичу на краткорочно предвиђање потрошње природног гаса (један сат унапред). Уз детаљан опис података, ово поглавље дефинише *ANFIS* алгоритам као адекватан метод за прецизну краткорочну прогнозу потрошње природног гаса. Овај метод представља основу развоја модела за предвиђање часовне потрошње природног гаса за град Нови Сад на

бази краткорочне временске прогнозе. Представљени резултати доказали су неопходност интегрисања релевантне временске прогнозе у процесу развоја модела краткорочног предвиђања потрошње природног гаса на нивоу града. На основу резултата добијених развојем предложеног модела краткорочне прогнозе потрошње природног гаса, може се закључити да су потврђене све дескриптивне хипотезе овог дела истраживања. Што се тиче постављене квантитативне хипотезе, закључак је да предложени модел производи мању средњу апсолутну процентуалну грешку (*MAPE*) од 6%.

У **седмом поглављу** представљени су закључци докторске дисертације и указано је више праваца даљег истраживања у предметној области. Осим анализе тренутног стања и тренутних догађаја, кандидат се, такође, потрудио да у свом раду истакне кључне трендове у трансформацији енергетских тржишта и да на основу њих да прогнозу пута еволуције светске и европске енергетике. Посебна пажња је посвећена улози природног гаса у овим процесима. Рад је обухватио огроман емпиријски материјал, изнети закључци су логички и чињенично поткрепљени. Тржиште природног гаса је описано са свим детаљима како са аспекта потражње, тако и са аспекта понуде, представљене су иновације у сфери формирања цена, описани су модели дугорочних и краткорочних уговора, трансформација берзанске трговине и улога ТПП-а у формирању глобалног тржишта гаса. У закључцима дисертације су такође сумирани налази савремених метода предвиђања краткорочне цене и потрошње гаса на бази вештачке интелигенције. Показало се да су ови модели сложени и вишефакторски. Могућа проширења и будућа истраживања која проистичу из ове докторске дисертације укључују и тестирање додатних комплексних нелинеарних модела (нпр. *random forest*, *support vector machine*, *wavelet* модели) и/или модела временских серија (нпр. *GARCH* и *ARIMA* модели). Кључни правци даљег истраживања модела краткорочне потрошње природног гаса односе се на додатна испитивања моделирања потрошње гаса током прелазних или вршних периода (у овим периодима идентификована су највећа одступања). Како би се побољшала тачност предвиђања планира се интеграција нових улазних података. Будући рад односиће се и на унапређење развијеног *ANFIS* модела интегрисањем већег броја егзогених улазних података (климатски параметри, временска прогноза, валидирана сатна потрошња природног гаса и др.). Такође, у обзир ће се узети и примена других хибридних алгоритама за предвиђање потрошње гаса, пре свега модела за машинско учење.

У **осмом поглављу** су обухваћени прилози докторске дисертације. Они укључују извод података коришћених у емпиријском делу, као и детаље резултата *Dickey-Fuller* теста за стационарност временских серија и прорачуна *ANFIS* модела. На крају је дато и мишљење (у облику рецензије) др Константина Симонова, генералног директора Фонда за националну енергетску сигурност Руске Федерације, о докторској дисертацији. Поглавље закључује биографија кандидата, његове научне референце и тренутна цитираност у *Scopus* бази научних радова.

#### **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилма докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

1. **M23 Бајатовић, Д.,** Анђелковић, А., Ћосић, И., Максимовић, Р. (2020) Application of predictive models for natural gas needs - current state and future trends review. *Technical Gazette* 27: 648–655.
2. **M21a** Анђелковић, А., **Бајатовић, Д.** (2020) Integration of weather forecast and artificial intelligence for a short-term city-scale natural gas consumption prediction, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 266, 122096.

3. **M51 Бајатовић, Д.** (2019) Газовое уравнение – Проблемы поставки природного газа в Республике Сербия, Наука и техника в газовой промышленности, Science & Technology in the Gas Industry, broj 4, 65–74.
4. **M33 Бајатовић, Д., Анђелковић, А.** (2020) Comprehensive analysis of key parameters for the city-scale natural gas consumption, 5<sup>th</sup> International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), Split, Croatia, 1-5, ID #242 1570662485, Septembar 23-26. 2020. doi: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243816.
5. **Предавање по позиву: Бајатовић, Д.,** Гасна једначина – изазови снабдевања природним гасом Републике Србије, Округли сто у организацији Српске Академије наука и уметности – огранак у Новом Саду, Зборник саопштења “Гасна једначина – изазови снабдевања гасом”, 2019, стране 45-83 (, ISBN 978-86-81125-99-1) (издање на Српском и Енглеском језику)

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

На основу квантитативне анализе нелинеарног модела вештачких неуронских мрежа и *ANFIS* модела (адаптивни модел закључивања базиран на неуронским мрежама и расплинутој-*fuzzy* логици) може се констатовати следеће: 1) Резултати указују на потребу проширења нафтне формуле за формирање цене природног гаса са статистичком значајношћу од 1%. Цена електричне енергије је варијабла која недостаје у моделу, 2) Природни гас има централну улогу као најпожељнија врста енергента са економског и еколошког аспекта његове потрошње. Цена природног гаса се формира у односу на цену електричне енергије и у одређеној мери у односу на цену сирове нафте, 3) Нелинеарни модел вештачке интелигенције (неуронска мрежа) за предвиђање цене природног гаса је прецизнији од упоредног линеарног модела и производи мању средњу квадратну грешку на тест подацима, 4) Нелинеарни модел вештачке интелигенције (неуронска мрежа) за краткорочно предвиђање потрошње природног гаса са интегрисаном временском прогнозом производи мању средњу апсолутну процентуалну грешку (*MAPE*) од 6% на тест подацима.

На основу интерпретације резултата квантитативне анализе и пропратне дискусије докторска дисертација потврђује и следеће дескриптивне хипотезе: 1) Могуће је развити модел снабдевања српског тржишта природним гасом; тај модел мора бити јединствен и усклађен са потребама српског тржишта и положајем Републике Србије у глобалним, светским и европским гасним токовима, 2) Развојем математичког модела на бази вештачке интелигенције може се адекватно предвидети будућа потрошња и цена природног гаса, 3) Релевантна временска прогноза, употпуњена другим егзогеним варијаблама у контексту предвиђања краткорочне потрошње и цене природног гаса, може бити основа за поуздано предвиђање, 4) Адаптивни алгоритам вештачке интелигенције може обезбедити ефикасан рад предложеног предиктивног модела на основу временских података (стварних мерења и прогнозе), претходне потрошње и доње топлотне моћи природног гаса.

Такође, ова докторска дисертација идентификовала је кључне трендове развоја светске енергетике у претходном временском периоду, анализирали регионалне карактеристике гасне индустрије коришћењем примера напредних региона, проценила сценарије развоја гасног тржишта и дефинисала правце развоја гасне индустрије у Републици Србији.

Спроведена анализа показала је да гасна инфраструктура има све предуслове да постане поуздана основа за формирање нове енергетике 21. века, како би се осигурало постизање циљева УН у области одрживог развоја и спровела примена Париског климатског споразума у процесу транзиције ка обновљивим и CO<sub>2</sub> неутралним технологијама. Такође, општи закључак је да гасна инфраструктура може заузети централно место не само у енергетици Републике Србије, већ и да полако постаје један од кључних подстицаја за будући одржив развој привреде и друштва у

целини.

На основу анализираних најновијих извештаја и статистике водећих светских организација у сектору енергетике, намеће се глобални закључак да се налазимо на врхунцу експлоатације фосилних горива и емисија CO<sub>2</sub>. Што се тиче природног гаса, за њега се максимум прогнозира између 2025. и 2030. године, јер се очекује повећана потражња у наредним годинама (гасификација се убрзава у урбаним деловима, све више корисника одбацује угаљ и нафту у корист природног гаса, гас је све присутнији у саобраћају и повећава се производња струје из природног гаса). Анализирајући трендове експлоатације фосилних горива (у случају природног гаса максимум експлоатације треба померити унапред), поставља се питање односа улагања у гасну инфраструктуру и експлоатације овог горива. Негде се могу пронаћи мишљења да су инфраструктурне инвестиције завршене када је природни гас у питању. Ако посматрамо тренутно стање тржишта природног гаса у свету, намеће се закључак да је садашње улагање у инфраструктуру недовољно. Као доказ могу се навести велике флукуације (последњи квартал 2020. и почетак 2021. године) цене природног гаса на територији Азије (тренутно најбрже растућег тржишта). За брзо растућа тржишта инвестиције у гасну инфраструктуру дефинитивно нису довољне, а као основни проблем из тог разлога јавља се изразита нестабилност цена. Пракса је показала да тренутне инвестиције у природни гас бивају експлоатисане тек кроз три или четири године. Потенцијално највећи проблем може представљати ако се врх (или пик) потражње за природним гасом догоди за десетак година, када врх инвестиција у овај сектор прође или пролази.

Посматрајући глобално и дугорочно са становишта одрживости, генерални закључак је да је улагање у гасни сектор и његову инфраструктуру кључни предуслов економског развоја друштва. Овај закључак није заснован само на чистим економским основама, јер улагање поред развоја привреде значи и будућу енергетску сигурност и флексибилност енергента који природни гас омогућава. Такође, природни гас и његова инфраструктура представљају иницијални (транзициони) окидач развоја и ширења технологија базираних на обновљивим изворима енергије, што омогућава отварање пута ка угљенично неутралном друштву. Као крајњи резултат транзиције очекује се постизање веће глобалне транспарентности и снижења цене гаса. Из тог разлога пресудан утицај на цену гаса треба да има спрега између потражње и понуде, а неопходно је и да се што више смање утицаји цене нафте и њених деривата (нпр. нафтна формула) или других неформалних утицаја.

**Имајући у виду комплексност, као и изузетан практични и научни значај наведених резултата истраживања, Комисија сматра да је кандидат Душан Бајатовић успешно извршио планирана истраживања, остварио планиране циљеве и дао оригиналан научни допринос у предметној области.**

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати добијени истраживањем су у тексту докторске дисертације приказани (сликама, табелама и прилозима), анализирани и тумачени применом адекватних и релевантних математичко-статистичких метода прикупљања, приказивања, обраде и анализе квантитативних података.

Истраживања у овој докторској дисертацији су вршена на одговарајућем узорку. Узорак обухвата вишегодишњи временски период док су извори података кредибилни (потрошња природног гаса, доњих топлотних моћи (ЈП Србијасгас), метеоролошки подаци (РХМЗ Републике Србије), платформа Блумберг и остали јавни подаци релевантних институција гасног сектора).

Избор наведених математичких и инжењерских метода и начин њихове примене је, у потпуности, прилагођен природи и комплексности проблема који су у дисертацији решавани.

Велика предност ове дисертације је њен научни карактер економски оправдане анализе лишене било каквих политичких утицаја.

Добијени резултати су тумачени у складу са претходном литературом у предметној области, адекватном економском и инжењерском интерпретацијом нових налаза, као и давањем могућих сугестија за правце будућих истраживања. Стога је важно нагласити да су закључци проистекли из ове дисертације актуелни, логички и емпиријски поткрепљени.

Текст докторске дисертације је проверен у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate* и *Urkund*, који нису показали значајно подударање са другим изворима литературе. **Индекс подударности за софтвер *iThenticate* је износио 1%.**

**На основу приказаног, Комисија је донела позитивну оцену за начин приказа и тумачења резултата, са закључком да је докторска дисертација оригинално ауторско дело кандидата Душана Бајатовића.**

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

**Докторска дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем које је наведено у пријави теме.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

**Докторска дисертација својим садржајем, резултатима истраживања и начином тумачења тих резултата садржи све битне елементе који се захтевају за радове ове врсте.**

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Разматрајући целокупну материју докторске дисертације кандидата Душана Бајатовића, Комисија је закључила да докторска дисертација представља оригиналан научни допринос аутора теорији и пракси изучавања транзиције снабдевања и планирања система природног гаса у области Инжењерског менаџмента (енергетског и инвестиционог менаџмента). Основа ове оцене је у чињеници да претходно у литератури није било детаљних теоријских или емпиријских истраживања у предметној области, а нарочито у односу на линеарне и нелинеарне моделе за краткорочно предвиђање цене и потрошње природног гаса. Сходно томе, резултати анализе глобалне енергетике и регионалних тржишта, где су кључни закључци представљени за краткорочну, средњорочну и дугорочну транзицију сектора природног гаса у Републици Србији, као и развој иновативних модела на бази вештачке интелигенције за потребе краткорочног предвиђања цене и потрошње природног гаса, представљају квантитативно и квалитативно значајан оригиналан научни и практични допринос изучаваној области. Формирани модели дају кључан допринос у будућој трговини гасом, али и у процесима производње, складиштења и дистрибуције гаса. Оваквим приступом се такође омогућава одрживо економско планирање и заштита животне средине. Као додатак представљени модели доприносе и бољем планирању производње других видова енергије. Актуелност и значајност области изучавања посебно долази до изражаја у волатилним условима појаве кризних стања која се такође анализирају у докторској дисертацији. Истраживање укључује и најновију пандемију корона вируса (*COVID-19*) почетком 2020. године, која је имала значајан краткорочни, а можда и дугорочни негативни утицај на светску привреду и енергетику. У својој суштини дисертација представља научну



<p>студију широког обима која може бити од великог практичног значаја приликом планирања даљих промена у енергетици Републике Србије.</p>
<p>4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?</p> <p><b>Докторска дисертација нема недостатака који би битно утицали на коначан резултат истраживања.</b></p>
<p><b>X ПРЕДЛОГ:</b></p> <p>На основу наведеног, комисија предлаже:</p>
<p><b>Да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана.</b></p>

Место и датум:

1. др Теодор Атанацковић, професор емеритус

\_\_\_\_\_, председник

2. др Илија Ћосић, професор емеритус

\_\_\_\_\_, члан

3. др Радо Максимовић, редовни професор

\_\_\_\_\_, члан

4. др Радивоје Митровић, редовни професор

\_\_\_\_\_, члан

5. др Никола Градојевић, редовни професор

\_\_\_\_\_, ментор

6. др Александар Анђелковић, ванредни професор

\_\_\_\_\_, ментор

**НАПОМЕНА:** Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.