

РЕЦЕНЗИЈА
НА ДОКТОРСКАТА ДИСЕРТАЦИЈА СО НАСЛОВ „АНАЛИЗА НА ИНТЕГРАЛНИ И ОДРЖЛИВИ МОДЕЛИ (AISM) ЗА ОПТИМИЗАЦИЈА НА ТЕХНОЛОГИЈАТА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕН ВО ПОВРШИНСКИТЕ КОПОВИ ВО КОСОВО“ ОД КАНДИДАТОТ М-Р УЈМИР УКА, ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ, УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП

Наставно-научниот совет на Кампус 2 при Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип со Одлука бр. 0206-399/7 од 1.6.2026 г., донесена на 98. седница, одржана на 20.5.2026 г., формира Рецензентска комисија за оценка на докторската дисертација со наслов **„АНАЛИЗА НА ИНТЕГРАЛНИ И ОДРЖЛИВИ МОДЕЛИ (AISM) ЗА ОПТИМИЗАЦИЈА НА ТЕХНОЛОГИЈАТА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕН ВО ПОВРШИНСКИТЕ КОПОВИ ВО КОСОВО“**, изработена од кандидатот м-р Ујмир Ука, во состав:

- проф. д-р Зоран Панов – претседател,
- проф. д-р Зоран Десподов – член,
- проф. д-р Ристо Поповски – член,
- проф. д-р Кемаљ Зекири – екстерен ментор, член,
- проф. д-р Ристо Дамбов – интерен ментор, член.

Комисијата имаше за задача да ја оцени докторската дисертација од аспект на научен и апликативен придонес, како и начин на пишување и изнесување на податоците во рамките на целината и научните цели.

Кандидатот достави комплетна верзија од докторската дисертација до сите членови на Комисијата, по што Комисијата во рок од 30 (триесет) дена треба да достави Рецензија на доставениот докторски труд.

Комисијата во наведениот состав, по прегледување на докторската дисертација, го поднесува следниов

ИЗВЕШТАЈ

Докторска дисертација со наслов **„АНАЛИЗА НА ИНТЕГРАЛНИ И ОДРЖЛИВИ МОДЕЛИ (AISM) ЗА ОПТИМИЗАЦИЈА НА ТЕХНОЛОГИЈАТА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕН ВО ПОВРШИНСКИТЕ КОПОВИ ВО КОСОВО“**, изработена од кандидатот м-р Ујмир Ука.

Горенаведената докторска дисертација е работена под менторство на проф. д-р Ристо Дамбов, редовен професор на Факултетот за природни и технички науки и проф. д-р Кемаљ Зекири, редовен професор на Факултетот во Митровица, како екстерен ментор. Докторската дисертација е изработена и според сите норми на техничко изразување и е во тврд повез со корици.

Изработена е на 142 страници, со приложен список на прилози, со слики нумерирани според поглавјето и изнесуваат вкупно 19 слики и шематски прикази. Изработени се вкупно 2 дијаграми, 8 табели и поголем број нумерички обрасци, исто така нумерирани според поглавјата и потточките.

Во **Воведот** на докторската дисертација кандидатот дава воведни напомени во врска со насловот и тезите во докторската дисертација.

Во оваа докторска дисертација е разработен предизвикот за оптимизација на оперативната технологија при површинска експлоатација на

лигнит, при што Рудникот „Сибовц“ во Република Косово е третиран како конкретна студија на случај, преку развој и примена на интегрален и одржлив модел на одлучување, дефиниран како Анализа на интегрални и одржливи модели (AISM).

Истражувањето адресира значаен практичен и научен недостаток, имајќи предвид дека историски процесите на одлучување за технолошките системи главно се базирале на економски или технички аспекти, што укажува на недостиг од модели кои на структуриран начин ги интегрираат енергетските, економските, техничките, безбедносните, социјалните и еколошките параметри. Емпириската основа е формирана врз реални оперативни податоци од континуираниот систем во Рудникот „Сибовц“ за кварталните периоди во 2024 година, кои се стандардизирани, верификувани и интегрирани во хармонизирана структура што ги опфаќа планирањето, реализацијата, работните часови и капацитетите.

Моделот AISM е структуриран преку интеграција на повеќе критериумски методи на одлучување, при што тежините на критериумите се определуваат со методот АНР, додека финалното рангирање на алтернативите се врши преку примена на методот PROMETHEE II, при што конечната 3×9 матрица опфаќа девет критериуми дефинирани за оперативна употреба. Преференциските прагови се калибрирани согласно со реалните економски и оперативни толеранции, со што се обезбедува моделот да ја рефлектира инженерската реалност. Конечното рангирање на алтернативите за реалните оперативни услови во Рудникот „Сибовц“, добиено од моделот AISM-PROMETHEE II, покажува дека комбинираниот систем е рангиран како оптимално решение во однос на другите две алтернативи - дисконтинуираниот и континуираниот систем.

Трудот потврдува дека процесот на оптимизација на технологијата за експлоатација на лигнит во површинските рудници треба да се разгледува како интегрален и одржлив проблем и не може да се третира како изолиран технички проблем. Развиениот модел не само што овозможува конкретно решение за оптимален избор на технолошки систем за случајот на Рудникот „Сибовц“, туку претставува модел кој може да се адаптира и за други случаи со слични оперативни, геолошки и управувачки услови. Ова го прави трудот применлив како во стручната практика, така и во идни научноистражувачки развои во областа на рударството и оптимизацијата на системи.

Содржината е составена од 7 поглавја со апстракт, со вкупно 142 страни со методологија на истражување, организација на докторската дисертација, коментари, предлози и заклучок со соодветна користена литература.

Се состои од следните поглавја:

1. **Вовед**
 2. **Теоретски основа и преглед на литература**
 3. **Геолошки карактеристики на Косовскиот јаглен басен**
 4. **Концептуално и математичко моделирање на AISM**
 5. **Емпириска анализа и примена на PROMETHEE**
 6. **Дискусија и евалуација на резултатите**
 7. **Заклучоци и препораки**
- Користена литература**

Организацијата на докторската дисертација е дизајнирана да обезбеди методолошки и аргументиран развој – од реалниот проблем, преку развојот на моделот, до неговата примена и интерпретација на резултатите.

Темата започнува со **првото поглавје**, кое ја структурира концептуалната основа на истражувањето. Во него се презентира стратешкото значење на лигнитот, техничкиот проблем во Сибовц, оправданоста за интегрална и одржлива оптимизација, целите, истражувачките прашања, хипотезите, опсегот на истражувањето и методолошката рамка.

Во **второто поглавје** се фокусира на теоретската основа и критичкиот преглед на литературата, каде што се разгледуваат главните концепти на површинската експлоатација, индикаторите за продуктивност и перформанси, теоријата на системи на опрема, како и MCDA пристапите при избор на рударски технологии. Целта на ова поглавје е да се идентификуваат празнините во литературата и да се аргументира зошто е потребен интегрален модел како AISM, воспоставувајќи директни врски со придонесот на оваа тема (Figueira et al., 2005; Burt, 2014).

Во **третото поглавје** се презентира тековната технолошка и геотехничка состојба на експлоатацијата на лигнит во Сибовц, вклучувајќи ги геолошките карактеристики, применетите технологии, анализата на реалната продуктивност со оперативни податоци, геотехничката стабилност и тековните проблеми кои создаваат потреба за оптимизација.

Во **четвртото поглавје** се развива концептуалниот модел и неговата формализација преку математички израз на AISM. Во ова поглавје се дефинираат критериумите, нормализацијата, структурата на тежини, методот PROMETHEE и конфигурацијата на моделот за OCET алтернативите.

Во **петтото поглавје** се спроведува практичната примена на моделот, пресметките, конструкцијата на матрицата на одлучување и рангирањето на алтернативите. Ова е поглавјето во кое се презентираат резултатите од оптимизацијата.

Во **шестото поглавје** се верификува точноста и доверливоста преку анализа на чувствителност и се дискутираат практичните импликации. Тука се испитува дали рангирањето е стабилно на промени во тежините и што тоа значи за имплементацијата во КЕК и рударскиот сектор.

Во **седмото поглавје** се сумираат научните заклучоци, се даваат технолошки и стратешки препораки и се предлагаат насоки за идни истражувања. Тука се тежнее резултатите да се трансформираат во јасни и применливи придонеси, позиционирајќи ја дисертацијата како алатка за донесување одлуки и оперативна оптимизација.

На крајот е дадена користената стручна литература прикажана на осум страни од бројни домашни и странски книги, списанија и научни проекти.

Во **заклучоците и дадените препораки** поврзани со докторката дисертација се истакнати следните констатации:

Анализата на верификувани и стандардизирани реални оперативни податоци значително влијае врз евалуацијата на технолошките алтернативи и постигнатите резултати. Преку оценување на перформансите на континуираниот систем за експлоатација на лигнит во Сибовц врз основа на ефективниот капацитет, разликата помеѓу планираното и реализираното,

оперативните прекини и коефициентот на искористување на времето, утврдено е дека системот кој се смета за оптимален за експлоатација на рудникот за лигнит има структурни ограничувања во реални оперативни услови.

Примената на моделот AISM покажува дека повеќекритериумското донесување одлуки, изградено врз критериуми кои се оперативно формализирани и конзистентно тежински вреднувани, е значително посигурно отколку традиционалниот еднокритериумски пристап или едноставните економски споредби. Резултатите добиени преку примена на методот PROMETHEE II при евалуацијата на алтернативите произлегуваат од одржлив баланс помеѓу оперативните трошоци, еколошките влијанија, потрошувачката на енергија, ефективниот капацитет, оперативната флексибилност и безбедноста при работа, а не како резултат на доминација на еден критериум. Оптимизацијата на технолошките системи мора да се третира како системски и долгорочен проблем, па затоа не може да се сведе само на минимизација на трошокот по единица производство.

АЛТЕРНАТИВИ	ϕ^+	ϕ^-	ϕ	РАНГ
КОМБИНИРАН СИСТЕМ - Hybrid	0.600	0.380	+0.220	1
КОНТИНУИРАН БТО - СИСТЕМ	0.435	0.490	-0.055	2
ДИСКОНТИНУИРАН СО КАМИОНИ	0.370	0.535	-0.165	3

Главниот резултат постигнат во оваа дисертација е потврдата дека комбинираниот систем претставува најбалансирана и одржлива алтернатива за реалните услови на Рудникот „Сибовц“, што може да се постигне преку комбинирање на континуираниот систем како главен систем за остварување на годишните производствени обеми, со негово дополнување преку селективна примена на дисконтинуираниот систем во критичните зони. Докажано е дека иако во рангирањето според PROMETHEE комбинираниот систем се рангира на прво место, тоа не подразбира апсолутна доминација во сите разгледувани критериуми, туку се рангира прв затоа што обезбедува можности за зголемена флексибилност, го намалува оперативниот ризик и ги неутрализира влијанијата што произлегуваат од неизбежните прекини на континуираниот систем.

Од методолошки аспект се докажува валидноста на комбинацијата на повеќекритериумските методи за донесување одлуки АНР/Fuzzy-АНР со методот PROMETHEE II за студии на случај каде што се среќава висока оперативна варијабилност и техничка неизвесност. Калибрацијата на праговите q и r врз основа на реални толеранции, контролата на конзистентноста на тежините ($CR \leq 0.10$) и анализата на чувствителност на тежините покажаа дека конечниот ранг е стабилен и дека при разумни варијации на претпоставките не се добива различен резултат. Ова го прави моделот AISM погоден за практична примена во реалните процеси на донесување одлуки во рамките на Рудникот „Сибовц“ и ја зајакнува научната доверливост на резултатите. Примената на интегралниот AISM модел може да се користи не само за избор на оптимална технологија, туку и како метод за идентификација на слабите точки на постојните системи.

Од аналитичките заклучоци, препораките што произлегуваат треба да се третираат како конкретни организациски, технички и стратешки насоки

за Рудникот „Сибовц“. Преку резултатите од моделот AISM јасно се покажува дека оптимизацијата на технологијата треба да се разбере како процес на унапредување базиран на управување со оперативниот ризик и функционална интеграција, и не подразбира непосредна замена на еден систем со друг.

Главната техничка препорака од конечниот ранг на PROMETHEE II е постепена и прогресивна имплементација на комбинираната организација на системот BWE+TS, при што континуираниот систем има клучна улога во обезбедувањето на производствениот обем на транспортираниот лигнит, додека дисконтинуираниот систем селективно се применува во одредени критични зони. Ова подразбира внимателен избор на дополнителна опрема во согласност со оперативните барања на рудникот и со реалниот капацитет на континуираниот транспорт.

Комбинираниот систем бара дополнителни капитални инвестиции за набавка на опрема за дисконтинуираниот систем, но тие се компензираат и оправдуваат преку стабилизацијата на снабдувањето на термоелектраните со јаглен и намалувањето на производствените загуби. Оваа препорака од финансиски аспект треба да се разгледува врз основа на вкупните трошоци на системот на среден рок, вклучувајќи ги и трошоците од неисполнување на планот и оперативниот ризик, па затоа не треба да се оценува само врз основа на OPEX по единица производство.

Примената на AISM може да се поврзе и со институционализацијата на примената на повеќекритериумски методи во процесите на донесување одлуки во Рудникот „Сибовц“, бидејќи моделот обезбедува транспарентност во донесувањето одлуки, има структуриран пристап и значително ја зголемува доверливоста на стратешките одлуки преку минимизирање на зависноста од индивидуалното искуство на инженерите или од моменталните проценки.

Примената на комбинираниот систем придонесува за намалување на изложеноста на работниците на оперативни ризици и за подобрување на HSE параметрите, како резултат на минимизирање на оперативните состојби под оптоварување и намалување на непланираните застои. Од друга страна, примената на дисконтинуираниот систем само во критичните области придонесува за поодржливо управување со потрошувачката на енергија и контрола на CO₂eq емисиите.

Од научен аспект се препорачува интегралниот модел AISM да ја надмине рамката на оваа студија на случај за Рудникот „Сибовц“ и да се користи како општа основа за анализа на транзиции на технолошки системи во површински рудници на лигнит кои функционираат во услови слични на оние во „Сибовц“. Сепак, за да се избегнат неточни генерализации, секоја понатамошна примена треба да се базира на реални локални податоци и внимателна калибрација на критериумите и тежините.

Како заклучок, овој труд покажа дека процесот на оптимизација е комплексен повеќекритериумски процес кој бара интеграција на реални податоци, напредни аналитички методи и длабинска инженерска интерпретација, па затоа оптимизацијата на технологијата за експлоатација на лигнит не може да се третира како едноставен технички проблем.

Моделот AISM, кој е применет во овој конкретен случај во Рудникот „Сибовц“, дава значаен практичен и научен придонес покажувајќи дека флексибилните и хибридни пристапи се посоодветни за обезбедување

стабилно снабдување на термоелектраните на јаглен, кои во случајот на Косово претставуваат главен извор на производство на електрична енергија, и дека ваквиот пристап е исто така соодветен за управување со оперативните неизвесности.

Преку заклучоците и препораките од овој труд, целта е моделот AISM да послужи како силна основа за донесување одлуки и за одржлив развој на рударскиот сектор во наредните години.

ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ

Резултатите од истражувањата во рамките на докторската дисертација на м-р Ујмир Ука се прикажани на современ, научно аргументиран и стручно и разбирлив стил. Истиот е во корелација со современите научни достигнувања на развојот на оваа област како во поглед на прикажување на резултатите, анализата така и во поглед на методолошкиот пристап на истражувања.

Придонесот во докторскиот труд се огледа во: стандардизација и примена на интегрален и одржлив модел за оптимизација на технолошките системи за површинска експлоатација на лигнит во Косово, со посебен акцент на Рудникот „Сибовц“ како студија на случај.

Анализата на верификувани и стандардизирани реални оперативни податоци значително ќе влијае врз евалуацијата на технолошките алтернативи и постигнатите резултати и изразување на поголеми позитивни ефекти во оваа област од рударството.

Врз основа на досега изнесеното му предлагаме на Наставно-научниот совет на докторските студии на Кампус 2 (природно-математички, биотехнички и техничко-технолошки науки) да ја прифати позитивната рецензија на докторската дисертација со наслов **„АНАЛИЗА НА ИНТЕГРАЛНИ И ОДРЖЛИВИ МОДЕЛИ (AISM) ЗА ОПТИМИЗАЦИЈА НА ТЕХНОЛОГИЈАТА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕН ВО ПОВРШИНСКИТЕ КОПОВИ ВО КОСОВО“**, изработена од кандидатот м-р Ујмир Ука, да одреди датум и да закаже јавна одбрана на докторската дисертација.

РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА

Проф. д-р Зоран Панов, претседател, с.р.

Проф. д-р Зоран Десподов, член, с.р.

Проф. д-р Ристо Поповски, член, с.р.

Проф. д-р Кемаљ Зекири, член, екстерен ментор, с.р.

Проф. д-р Ристо Дамбов, член, интерен ментор, с.р.