

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
ФАКУЛТЕТ:



## ИЗВЈЕШТАЈ

*о оцјени урађене докторске дисертације*

### I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

Одлуком Наставно-научног вијећа Рударског факултета, број 21/3.153/18 од 12.04.2018. године именована је Комисија за писање извјештаја о оцјени урађене докторске дисертације и за одбрану докторске дисертације кандидата мр Димше Милошевића под насловом „Модел управљања радом дисконтинуалних система експлоатације на површинским коповима“ у сљедећем саставу:

1. др Божо Колоња, редовни професор Рударско-геолошког факултета у Београду, ужа научна област “Рударско инжењерство-Пројектовање и планирање површинских копова”, предсједник;
2. др Лазар Стојановић, ванред.професор Рударског факултета Приједор, Универзитета у Бањој Луци,ужа научна област „Површинска експлоатација минералних сировина“, члан;
3. др Јово Миљановић, ванредни професор Рударског факултета Приједор, Универзитета у Бањој Луци, ужа научна област „Подземна експлоатација минералних сировина“, члан

Ментор именованог кандидата при изради докторске дисертације:

- др Владимир Малбашић, ванредни професор Рударског факултета Приједор, Универзитета у Бањој Луци, ужа научна област „Површинска експлоатација минералних сировина“.

- 1) Навести датум и орган који је именовано комисију;
- 2) Навести састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, научно-наставног звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање и назива универзитета/факултета/института на којем је члан комисије запослен.

### II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- 1) Димшо, Душан, Милошевић
- 2) 20. 05. 1960. године у мјесту Горња Вишња, Општина Живинице, Данас настањен у Бијелини, РС/БиХ
- 3) Универзитет у Београду, Рударско геолошки факултет Београд, Смјер површинска експлоатација, стечено звање магистар рударства
- 4) Рударско геолошки факултет Београд, магистарска теза под називом „Оптимизација система површинске експлоатације угља са дисконтинуалном опремом“, Рударско инжењерство, датум одбране : 21. 10. 2005 године
- 5) Научна област: Рударство

- 6) Докторска дисертација је пријављена 2012. године на Рударском факултету Приједор Универзитета у Бањој Луци у складу са Законом о високом образовању (Сл.гласник РС 73,10 и 104/11) и тадашњим Правилником о организовању додипломског, дипломског и последиједипломског студија и поступка за стицање звања доктора наука. Упис на докторске студије кандидат извршио 2012. године на студијском програму Рударство
- 7) Кандидат је аутор 1 монографије те 14 научних радова и 20 стручних радова у часописима, савјетовањима, симпзијумима и конгресима (приказано у библиографији кандидата коју је продекан за наставу прегледао и дао потврду), од којих је, у смислу Одлуке о додатним условима за одбрану докторске дисертације на Универзитету у Бањој Луци бр 01/04-3.138-40/17, важно издвојити:

-**Milošević D.**, Šubaranović T, Dimitrijević B. (2007): Verifikacija diskontinualnih sistema na uglju Rudnika Ugljevik, Časopis „Tehnika –Rudarstvo, geologija metalurgija“<sup>1</sup>, Savez inženjera i tehničara Republike Srbije, YU ISSN 0040-2176, UDC 62(062.2) (487.1), str. 14-18

-**Milošević, D.**, Maksimović, M. (2012): Pouzdanost kombinovanih sistema površinske eksploatacije/*The reliability combined systems surface exploitation*, “Arhiv za tehničke nauke-Zbornik radova/ Archives for Technical Sciences - Bulletin”<sup>2</sup>, Tehnički institut / Technical Institute of Bijeljina, godina / Year IV – No. 6., pp UDC: 62, DOI: 10.5825, ISSN 1840-4855, pp 21-26

-Rajković, R., Kržanović, D., Mikić, M., **Milošević, D.** (2015): *Selection of Transport System for Transport of ash and Slag from the TPP Ugljevik at the OP Bogutovo Selo Ugljevik*, “Mining and Metallurgy Engineering Bor”<sup>3</sup>, Mining and Metallurgy Institute Bor, ISSN 2334-8836 (Printed edition) ISSN 2406-1395 (Online); Journal indexing in SCI ndex and ISI, UDC 622, pp 41-47,

<sup>1</sup>Часопис „Техника“, водећи научно - стручни часопис националног значаја из области техничких наука и струка према Министарству просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (М 51), Савез инжењера и техничара Србије, Београд

<sup>2</sup>Часопис „Архив за техничке науке“, Издавач Технички институт Бијељина је сврстан у прву категорију националних часописа са могућих 28 од 30 бодова и добио је карактер водећег националног часописа националног значаја у својој области (према Листи категорисаних националних научних часописа у складу са Правилником о публиковању научних публикација, Службени гласник РС 77/10)

<sup>3</sup>Часопис „Mining and Metallurgy Engineering Bor“ је часопис међународног значаја верификован посебном одлуком Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (категирија М 24), Институт за рударство и металургију, Бор

1) Име, име једног родитеља, презиме;

2) Датум рођења, општина, држава;

3) Назив универзитета и факултета и назив студијског програма академских студија II циклуса, односно последиједипломских магистарских студија и стечено стручно/научно звање;

4) Факултет, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране магистарског рада;

5) Научна област из које је стечено научно звање магистра наука/академско звање мастера;

6) Година уписа на докторске студије и назив студијског програма.

### III УВОДНИ ДИО ОЦЈЕНЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

- 1) Наслов докторске дисертације: „Модел управљања радом дисконтинуалних система експлоатације на површинским коповима“
- 2) Тема докторске дисертације прихваћена је одлуком Научно –наставног вијећа Рударског факултета број 21/3.264/12 од 15.06.2012. године и Сената Универзитета У Бањој Луци број 02/04-3.1867-90/12 од 17.07.2012. године
- 3) Садржај докторске дисертације:

-Увод : 1-10

(са потпоглављима „Истраживачки приступ“, „Образложење проблема“, „Циљеви истраживања“ и „Структура дисертације“

-Преглед литературе: 11-28

(са потпоглављима: „Dispatch систем – систем за управљање, усмјеравања и

распоређивање“ и „Критички осврт на наведене референце (ранија истраживања“)

**- Концепти и проблеми управљања системима производње у рударству:29-52**

(са потпоглављима: Циљ и опсег методологије креирања модела:*Тактичко управљање рударским производним системом, Организација рада, Модерне технике менаџмента*, Карактеристике рударске производње:*Специфичности управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације, Доступност информација кроз информациони систем, Употреба информационих технологија у симулационом моделирању и диспечингу дисконтинуалних система површинске експлоатације: Компоненте диспечерских система*)

**-Методологија управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације на површинским коповима : 53 – 108**

са потпоглављима: Фаза планирања и изградње инфраструктуре система: *Припремна фаза, Визуелно приказивање, Изградња инфраструктуре система, Модели података, Мапа процеса, Идентификовање извора података, Механизам за уношење података, Закључна разматрања о инфраструктури података, Фаза утврђивања мјера учинака : Трошкови као мјера учинака, Дијагностичке мјере за унапређење процеса, Организација и управљање производњом, Закључна разматрања фазе доношења мјера, Фаза изградње управљачке структуре:Правовременост развоја управљачке инфраструктуре, Утврђивање матрица процеса и матрица одговорности, . Врсте састанака и активности менаџера, Пројектовање модела управљачког система Рудник „Угљевик“, Завршна разматрања и фазу развоја инфраструктурног управљања, Операциона фаза методологије: Симулационо моделирање у рударству и Закључна разматрања о примјењеној методологији у формирању модела управљања*

**-Информатичка подршка управљању производњом у површинској експлоатацији 109-160**

Са потпоглављима:Увод,Надзорно информациони систем НИС: *ИТ инфраструктура НИС-а, Архитектура НИС-а, Инфраструктура података, Опис Надзорно информационог система Рудник Угљевик, Систем MIDSS, Заштита система,Рачунарски програми коришћени у Операционој фази Модела управљања: Статистичка обрада података, Израда симулационог модела дисконтинуалног система експлоатације, Коришћење резултата НИС-а за симулацију при одређивању диспечинг мода и Закључна разматрања о информационим технологијама као алатима за управљања дисконтинуалним системима експлоатације*

**- Примјена модела на примјеру дисконтинуалног система експлоатације Рудника Угљевик: 161- 188**

Са потпоглављима: Модел управљања дисконтинуалним системом експлоатације, Коришћење НИС система, Статистичка обрада и анализа прикупљених података, Симулациона анализа на бази података НИС-а у циљу унапријеђења рада дисконтинуалног система експлоатације: *Улазни подаци за симулационо моделирање и анализу, Алгоритми за симулацију рада дисконтинуалних система и Симулациона анализа*

**- Закључак и препоруке за даљи рад : 189-196**

Са потпоглављима: Преглед истраживања, Значај доприноса и оригиналност ове дисертације, Закључци, Препоруке за даљи рада и истраживања

-Садржај : I до V

- Литература: 197 до 202

-Списак слика: 203 до 204

-Списак табела: 205

- Прилози (биографија и изјаве): 206 до 218

4) Докторска дисертација је написана на 218 странице A4 формата са 8 уводних страница (поднасловница, подацима о ментору и раду, изводом на српском и енглеском, садржајем). У тексту доктората је приказано 75 слика и 26 табеларних приказа уз коришћење 94 литературне јединице. Литература, списак слика и табела, биографија и библиографија и неопходне изјаве се налазе на крају рада-дисертације.

1) Наслов докторске дисертације;

2) Вријеме и орган који је прихватио тему докторске дисертације

3) Садржај докторске дисертације са страничењем;

4) Истаћи основне податке о докторској дисертацији: обим, број табела, слика, шема, графикона, број цитиране литературе и навести поглавља.

#### IV УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

1) **Предмет истраживања** - Значај информационих технологија (ИТ) у свим областима људске дјелатности, а посебно у великим индустријским системима, већ неколико деценија расте експоненцијалном брзином. У савременим условима пословања све су ријеђи велики системи који се у свом пословању и управљању у мањој или већој мјери не ослањају на ИТ. Тако и у области рударства информационе технологије постају незаобилазни елемент пословања, који отвара нове перспективе за унапријеђење производње.

При експлоатацији минералних сировина не може се утицати на низ фактора као што су геолошке карактеристике лежишта, цијена минералне сировине на тржишту, метеоролошки услови, постојећа инфраструктура или законска регулатива. Побољшавање пословних перформанси производних система постиже се активностима усмјереним на смањење трошкова, оптимизацију производних процеса и већем искоришћењу постојећих ресурса.

Продуктивност производног процеса у рударству у великој мјери зависи од међусобне усклађености и повезаности појединих дијелова процеса и опреме, а оптимизација процеса је тешко изводљива без рачунарске подршке у управљачком систему. Савремене тенденције у информационо технолошкој области фаворизују оријентацију на интегралне надзорне информационе и управљачке системе, чија је основна карактеристика оријентација на пословне и технолошке функције реалног система и јединствена база података везана за догађаје који су релевантни за реални систем. Такав приступ обезбјеђује могућност контроле над цјелокупним реалним системом, при чему се информације за одређене подсистеме динамички изводе из података које генеришу остали подсистеми.

**Образложење проблема** - Како површински копови добијају веће димензије и њихове путне мреже постају сложеније, транспортни путеви постају значајнији и конструишу се са много више детаља и анализа, а разни саобраћајни ефекти изазивају неизвјесност транспортних циклуса на идентичним транспортним трасама и класични диспечерски системи не могу директно израчунавати све промјенљиве и бити употријебљени у таквим условима. Почетна анализа података показује различите нивое варијабилности у распону посматраних времена транспорта, а даља испитивања идентификују одређене параметре транспорта као значајне изворе варијабилност, као што је топографија пута и ефекти раскрсница. Као мотивација и циљ истраживања на унапређењу организације и управљања радом утоварно-транспортне опреме на површинским коповима се узимају чињенице да је саобраћај феномен који има негативне ефекте у свом матичном процесу и да у рударству транспорт има такође утицај и кроз чињеницу да како рудници стално расту у величини и обиму производње/капацитету, тако дефинисање величине флота камиона а тиме и обима саобраћаја има велики значај. Било какво побољшање у координацији и управљању система рада утоварно-транспортне опреме ће на крају довести до веће продуктивности и повећања

прихода, уз смањење трошкова.

**Истраживачки приступ** - Свако пројектно рјешење површинског копа и одабрана технологија и рударска опрема у свом радном вијеку доживи неколико трансформација-пројектовања прије свега из разлога нових сазнања о лежишту и пратећим наслагама, развоју технологије и машинске индустрије у свијету као и промјенама цијена погонске енергије у окружењу. С тим у вези се поврћује да се у рударству не може прихватити израз *оптималан*, него да се истраживањима приближавамо оптималним рјешењима, а иста зависе од много фактора на које у појединим случајевима и не можемо утицати. Постоје различити проблеми који се рјешавају употребом информационих технологија а могу да представљају **избор опреме** (Equipment Selection), **мрежни дизајн** (Network Design), **усмјеравање возила** (Vehicle Routing), **лоцирање главне тачке/уског грла** (Hub Location), **распоред и алокација опреме** (Scheduling and Allocation).

У оквиру докторске дисертације извршиће се истраживање проблематике оптимизације управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације. Наведени проблем представља веома значајан истраживачки задатак посебно за технологију површинске експлоатације лежишта минералних сировина дисконтинуалном опремом. За рјешавање постављеног задатка неопходно је детаљно обрадити теоријска и усагласити практична сазнања што омогућава квалитетно истраживање.

**Циљ истраживања** – циљ ове дисертације јесте оптимизација управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације рјешењем постављених задатака који треба да дефинишу основне параметре за ефикасни развој површинских копова уз флексибилност система утовара, транспорта и одлагања откритке и минералне сировине. У том смислу је дефинисана методологија за израду модела управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације:

- Модел интегрисаног информационог система;
- Оптимизација рада и капацитета дисконтинуалне опреме у реалном простору у функцији услова радне средине и могућности разблажења или осиромашења минералне сировине;
- Анализа поузданости рада система у функцији стања елемената система, организације рада, одржавања и трошкова;
- Праћење рада система у реалном времену са оцјеном ефикасности;
- Оптимизација свих параметара дисконтинуалних система у реалном времену.

Да би се остварили циљеви истраживања реализовани су следећи задаци:

- Овладавање постојећим методологијама дефинисања модела управљања и оптимизације;
- Провјера и верификација метода кроз практичне резултате и показатеље и досадашња теоријска истраживања;
- Оптимизација управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације;
- Израда интегралног модела техно – економских показатеља система;
- Провјера развијеног модела на дисконтинуалним системима у условима површинског копа «Богутово Село» - Угљевик;
- Свеобухватна анализа остварених резултата и показатеља;
- Истраживачке активности у наредном периоду.

Поред наведеног се у дисертацији истражује историја и сложеност модерних техника управљања за производни менаџмент, различитости система за управљање у рударству у односу на друге индустрије, начин употребе модерних техника управљања у рудничким производним системима и др.

2) Главни фактори који утичу на ефективност дисконтинуалног система

експлоатације у рударству су: број камиона у раду, број багера у раду, удаљеност између багера (мјеста утовара) и одлагалишта (мјеста истовара) и доступност ресурса (багера и камиона). Као значајна показала се интеракција између ових ефеката главних фактора:

а) Вриједности критеријума диспечинга се рачунају као функција тренутног стања система, тако да нема додатних захтјева за подацима,

б) Постојећа хеуристичка правила су врло слаба у покушају да се истовремено постигне више циљева перформанси као што су продуктивност или степен коришћења,

в) По самој својој природи, дефинисана правила омогућавају да се донесе исправна одлука при диспечингу само једном, односно да не мора иста одлука да се донесе при неком следећем одлучивању у диспечингу. С тога се "кратковидо" доносе одлуке,

г) Камион се са диспечерске станице/тачке упућује ка багеру који има највећу производњу. Међутим, глобално, оптимално рјешење треба узети у обзир све камионе, у цијелокупном времену рада, и омогућити рационалне одлуке при диспечингу у блиској будућности .

д) Сваки коп је јединствен, према томе, за сваки коп се доносе одлуке у складу са условима и циљевима на самом копу. Имплементација система диспечинга камиона у специфичним условима рада неће увијек осигурати исте резултате (због различитих услова на различитим коповима).

ђ) Развој јефтиног и моћног компјутерског ситета заједно са повећањем могућности за програмирање (даљи развој софтвера) ће омогућити широк избор система диспечинга који онда може да постане комерцијално одржив за копове средњих величина.

е) Резултати симулације потврдили су закључке претходних истраживача који су рекли да не постоји неко основно универзално правило диспечинга примјењиво на различите услове на различитим коповима.

ж) У већини случајева, морају се правила диспечинга прилагођавати конкретним условима на копу да би се обезбједила ефикасност система.

Поред тога даје се преглед симулационих модела наведених из чега је видљиво да је код већине симулација коришћена за процјену ефикасности различите хеуристичке диспечинг политике. Тренутно се диспечерски системи користе на многим коповима широм свијета. Већина закључака који су извучени из ових симулационих модела је већ доказана, тачна и опште примјенљива. Такође је показано да је избор најбоље стратегије диспечинга посебан за сваки специфични коп, посебно тамо гдје постоје различити захтјеви капацитета производње. Међутим, у хеуристичким методама се уопштавањима могу створити стратегије које не разматрају „мјешање“ захтјева- минимално вријеме чекања камиона фаворизује багере који су најближи камиону или се стратегија прави тако да равномјерно буду оптерећени сви багери.

У суштини, приступ моделирању зависи од сврхе модела, доступних података за истраживање и програмских језика који се користе за симулацију. Постоје многа основна правила и политике диспечинга камиона које се примјењују у транспорту на коповима. С друге стране може се рећи да не постоје општа правила диспечинга. Сви основни критеријуми диспечинга могу дати одређена рјешења за специфичне услове рада на сваком копу и они су свуда другачији.

**Симулације у циљу избора опреме** - Са широким избором метода примјењиваним на проблем избора опреме, можемо очекивати да квалитет и детаљи рјешења варирају. За просте и брзе моделе, продуктивност система багер-камион може садржати остварива рјешења, иако не постоји гаранција оптималности. Са скалом операција које су укључене у рударство, суб-оптимална рјешења могу се изједначавати са значајним трошковима. Избор метода експлоатације је важан корак

за разматрање прије избора опреме. Идеална метода и рударска опрема треба да се оптимизују заједно. У литератури везаној за избор опреме, популарне технике фокусирају се на моделима за подршку у одлучивању, приступу генетским алгоритмима и великом броју програмских модела. Свака има своје предности - модели за подршку у одлучивању су способни да уграде велики број експертских детаља, али не могу да гарантују оптималност; генетски алгоритми могу добити изводљива рјешења за проблеме са великим бројем промјенљивих и ограничења, али не могу да гарантују оптималност; цјелобројно програмирање може гарантовати оптимална рјешења, али се рачунски/математички тешко рјешавају. Иако се примјењује разноврстан избор опреме на површинском копу, постоје заједнички слабости међу свим представљеним моделима и техникама:

- **Расположива механизација:** Модели који узимају у обзир/разматрају постојање постојеће / расположиве опреме не постоје у процесу избора опреме,

- **Хомогеност механизације:** Нема разлога да се вјерује да је мјешовити тип механизације гори од хомогеног типа механизације,

- **Избор одређене врсте опреме прије избора:** Избор утоварне јединице (или камиона) прије оптимизације захтјева висококвалификованог и искусног инжењера приликом избора типа утоварне јединице на основу физичко-механичких, географских и геолошких информација. Ово може бити дуготрајан задатак и оптималност је вјероватна,

- **Ограничења броја камика:** Иако постоји много ограничавања максималног броја камика утоварне јединице приликом утовара камиона, нема такве врсте ограничења (доказа да су узета у обзир),

- **Политички фактори:** Политички и социјални притисци понекад могу носити већу тежину од оптималних разматрања трошкова. Ови аспекти су тешки за моделовање и једноставно су искључени из процеса моделирања,

- **Висина етаже:** Ефекти дефинисање одређене висине етаже су углавном игнорисани, или се узимају у обзир по једноставном фактору смањења (обично се добија кроз симулацију или посматрање). Међутим, без формалног ефекта моделирања висине етаже како за хомогену тако и хетерогену флоту, тешко се ослонити превише на резултат симулације,

- **Оперативни трошкови:** поред укључивања трошкова власништва/капиталних трошкова, трошкови рада и одржавања могу играти кључну улогу у рјешењу. Ипак у доста великом броју програма трошкови се често узимају као стални улазни податак на којима се никакве даље калкулације и анализе не изводе,

- **Циљ избора:** Нека истраживања су предвидјела моделовања за проблем замјене опреме, али се фокусирају на вријеме замјене, а не на оптимизацију врсте и броја камиона /утоварних јединица.

3) Допринос тезе - За опстанак рударске индустрије у 21. вијеку биће потребно да се изврше фундаменталне промјене, како у техничкој тако и у управљачкој технологији. Ова два извора иновација омогућила су другим пословним секторима да остану профитабилни. Ово потврђује и став највећих рударских компанија, које су идентификовале информациону и комуникациону технологију као најкритичније технологије рударске индустрије у будућности. Исте компаније су утврдиле да рудници већ посједују већи дио информационе технологије и података, али да менаџмент нема довољно знања да искористи сву вриједност тих података. Већа продуктивност, квалитет и профитабилност, уз задовољење унутрашњих и спољашњих клијената су неки од кључних ефеката коришћења података у спрези са напредним техникама управљања. Ови алати менаџмента су се показали као веома ефикасни на тактичком нивоу, на коме се информација директно из производног система може искористити ради оптимизације процеса и њихове интеракције.

Неколико неријешених питања у рударству довело је до потребе за изградњом

једног структурираног и непосредно примјенљивог модела управљања помоћу кога би се управљало производним системом рудника. Системи тактичког управљања по правилу еволуирају са временом, поготово када су у питању промјене у систему менаџмента. Потреба за пројектовањем система управљања који непосредно ријешава проблеме производних технолошких система је такође констатована и образложена у овој дисертацији. Опште технике менаџмента које су дале добре резултате у неким другим гранама индустрије, у рударству су примјењене са промјенљивим резултатима. Неке од њих су примјењене успјешно, а неке неуспјешно. Тешкоће у примјени ових техника су последица разлика између индустријских грана у којима су оне настале и рударства. Због тога је било потребно обавити одговарајуће анализе и установити посебности рударства, као и захтјеве које технике треба да испуне у овој грани индустрије.

4) Овај рад представља допринос глобалним трендовима и настојањима да се информационе технологије користе у што већем обиму као подршка при дугорочном планирању експлоатације минералних ресурса у циљу остваривања економски одрживе производње. У том смислу су вршена детаљна истраживања дисконтинуалног система експлоатације са свим технолошким специфичностима и огромним бројем утицајних параметара и варијабли које умногоме дефинишу начин тог процеса управљања.

Оригиналноост ове методологије се огледа у настојању да се комплетан модел управљања подијели принципно у двије цјелине:

А) *логистичко-информациона* – која својом обимношћу надзорно-информационог система (НИС) повезује све производне, пратеће и логистичке процесе у јединствен систем токова информација, што омогућава потом издвајање појединих сетова информација најпотребнијих за поједине нивое управљања,

Б) *операционо-симулациона* – је дефинисана карактеристичном поставком комерцијалних рачунарских програма за статистику прикупљених информација те симулацију дисконтинуалног система експлоатације чији резултати нису само погодни за директни диспечинг и алокацију опреме него и за саму валидацију важећих модела управљања. То значи да је могуће у врло кратком времену извршити измјену диспечерских услова и вриједности што је веома битно у данашњим условима организације рада рударских производних процеса.

Поред напријед наведеног дефинисани модел даје могућност интерактивне двосмјерне везе између диспечерског центра (који представља извршни ниво управљања и има двосмјерну интеракцију са I и II нивоом управљања (директни извршиоци, пословође и руководиоци појединих производних цјелина) и III па и IV нивоа управљања (ниво техничког директора као тактичког па и директора као стартешког управљања) а то значи да је могуће много лакше управљање и специфично прилагођавање стратешких и оперативних планова и циљева а не само код активности везаних за диспечинг и алокацију опреме.

Овдје је дат преглед информационог алата који су коришћени приликом изградње модела, начин реализације израде надзорно-информационог система као и свих истраживања која су претходила у смислу што прецизнијег и релевантнијег сагледавања комплетног производног процеса. У склопу тога је дефинисана:

- Инфраструктура система са информационо-управљачким токовима, описом производно-технолошких процеса, приказом логистике при развоју модела управљања, анализом функционалности система за праћење, планирање система

- Архитектура система са конфигурацијом даљинског управљања

- Инфраструктуре података уз дефинисање начина реализације, приказ моделирања података, дефинисање извора података, утврђивање система за контролу процеса и рада опреме, приказ логичког и физичког модела базе

- Дат је опис надзорно-информационог система Рудника Угљевик са свим

системима и подсистемима те MIDSS и заштита sistema

Након тога се послје дефинисања структуре НИС-а прешло на избор информатичких алата у другом дијелу модела који представља операционо-симулациони дио и који чини главни дио управљачког дијела модела управљања. У њему су дати прегледи и описи софтверских пакета који су коришћени и чију је оправданост употребе у ове сврхе ова докторска дисертација потврдила. Приказани су софтверски пакети за Статистичку обраду података и Израду симулационог модела дисконтинуалног система експлоатације, те 3D моделовање у сврху дефинисања оптималног диспечинг мода за унапријеђење рада багер-камион система на површинским коповима.

Циљ методологије за формирање модела управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације је максимално могуће коришћење информационих технологија, савремених техника управљања уз уважавање свих специфичности рударске индустрије и сваког појединог рудника. Приказана методологија истраживања у овој дисертацији представља примјену комбинације познатих информационих технологија у рударству али уз сагледавање свих њихових предности и недостатака у специфичним условима управљања комплексним дисконтинуалним системима површинске експлоатације. Као што су у претходним потпоглављима наведене основне специфичности и потребе рударског производног система, многи истраживачи покушавају да одговоре на такве захтјеве, формирајући различите приступе рјешавања управљања таквим производним системима.

1. Alarie, S. & Gamache, M. (2002): 'Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines', *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment* 16(1), 59-76.
2. Allen, L. J. (1995): Implementing Quality in the Technical Computing Environment - A Case Study from Pasminc Mining - Broken Hill. *25<sup>th</sup> Conference on the Application of Computers and Operations Research in the mineral Industry*. Brisbane 9-14 July pp. 479-481.
3. Amirghani, S. & Baker, N. (1992): 'Expert system for equipment selection for earth-moving operations', *Journal of Construction Engineering and Management* 118(2), 318-331.
4. Andrew Chapman (2012) "A Field Study on Haul Time Variability in Open pit Mines", *Mr Applied Science*, Queen's University Kingston, Ontario, Canada, August.
5. Ataeepour, M., and Baafi, E., (1999): "ARENA Simulation Model for Truck-Shovel Operation in Dispatching and Non-Dispatching Modes", *Int. Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, Vol. 13, pp. 125-129
6. Baiden, Greg and Louis Zanibbi. (1999): "The Application of Activity Based Costing in a Mining Environment." *Telemis J*, 5<sup>th</sup> *International Symposium on Mining Automation*, Sudbury Ontario, CD-ROM
7. Bandopadhyay, S. & Venkatasubramanian, P. (1987): 'Expert system as decision aid in surface mine equipment selection', *International Journal of Surface Mining* 1, 159-165
8. Bascetin, A. (2004). 'An application of the analytic hierarchy process in equipment selection at Orhaneli open pit coal mine', *Mining Technology, Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy part A*. 113, A192-A199.
9. Billette, N. R., and Seka, B.P., (1986): "Haulage system Capacity: analytical and Simulation Models Revisited", 19th APCOM, AIME, Littleton, Colorado, pp. 377-396.
10. Blackwell, G. H. (1999), 'Estimation of large open pit haulage truck requirements', *CIM Bulletin* 92(1028), 143-148
11. Brake, J. D., and Chatterjee, K. P., (1979): "Evaluation of Truck Dispatching and Simulation Methods in Large-Scale Open Pit Operations", 16th APCOM, AIME, pp. 375-381
12. Burt, C. N. & Caccetta, L. (2007), 'Match factor for heterogeneous truck and loader fleets', *International journal of mining, reclamation and environment* 21, 262 -270.)
13. Burt C. N (2008) : *An Optimisation Approach to Materials Handling in Surface Mine.s* , PhD thesis, Curtin University of Technology,
14. Cavender, B. (1999): *Mineral Production Costs: Analysis and Management*. Colorado, SME
15. Caccetta, L. & Hill, S. (2003), 'An application of branch and cut to open pit mine scheduling', *Journal of Global Optimization* 27, 349-365
16. Cebesoy, T., Gzen, M. & Yah\_sı, S. (1995). A systematic decision making model for optimum surface mining equipment selection, in Singhal, Mehrotra, Hadjigeorgiou & Poulin (1995), pp. 369-377.
17. Cebi, Y., Köse, H. & Yalcin, E. (1994), A computer program for the selection of open pit mining equipment, in Pasamehmetoglu (1994), pp. 417-421
18. C. elebi, N. (1998), 'An equipment selection and cost analysis system for openpit coalmines', *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment* 12, 181-187.
19. Çetin, Necmettin (2004): Open pit truck/shovel haulage system simulation, Ph.D thesis., The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University- Department of Mining Engineering, September, 116 pages
20. Clement, S. & Vagenas, N. (1994), 'Use of genetic algorithms in a mining problem', *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment* 8, 131-136.
21. Cormen T., Leiserson C., Rivest R., and Stein C., (2001): *Introduction to Algorithms*, 2nd ed.: McGraw-Hill,

22. Corkins, Gary. (2001): "Activity-Based Performance Measurement." *Perform Magazine*. February 16. <[http://www.pbviews.com/magazine/articles/activity\\_based.html](http://www.pbviews.com/magazine/articles/activity_based.html)
23. Cross, B. K., and Williamson, G. B., (1969): "Digital Simulation of an Open Pit Truck Haulage System", A Decade of Digital Computing in the Mineral Industry, Weiss, A., (Ed), AIME, New York, pp. 385-400
24. Dagdelen, K., Topal, E. & Kuchta, M. (2000): Linear programming model applied to scheduling of iron ore production at the Kiruna mine, Sweden, in Panagiotou & Michalakopoulos, pp. 187-192
25. Dagdelen, K. & Asad, M. W. (2002), Optimum cement quarry scheduling algorithm, in Bandopadhyay, pp. 697-709
26. Dantzig G.B and Ramser J.H., (1959): "The Truck Dispatching Problem," *Management Science*, vol. 6, no. 1, pp. 80-91,
27. Devine, Micheal and Ian Brogen (1994): "Information Technology Planning: Critical for Implementing Advanced Manufacturing Automation." *AUTOMIN 6: 6<sup>th</sup> Canadian Symposium on Mining Automation*, Oct. 16-19, Montreal pp. 239-356.
28. Denby, B. & Schofield, D. (1990): 'Applications of expert systems in equipment selection for surface mine design', *International Journal of Surface Mining and Reclamation* 4, 165-171.
29. Eldin, N. & Mayfield, J. (2005): 'Determination of most economical scrapers fleet', *Journal of Construction Engineering and Management* pp. 1109-1114.)
30. Ercelebi & Kirmanli (2000): Review of surface mining equipment selection techniques. Proceedings of the Ninth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection /Athens/Greece/6-9 November, A.A. Balkema, Rotterdam, 547-553.
31. Farid, F. & Koning, T. L. (1994), 'Simulation veri\_es queuing program for selecting loader-truck fleets', *Journal of Construction Engineering and Management* 120(2), 386-404.
32. Frimpong, S., Changirwa, R. & Szymanski, J. (2003), 'Simulation of automated dump trucks for large scale surface mining operations', *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment* 17(3), 183-195.
33. Forsman, B., and Vegenas, N., (1992)" Using METAFORA to Evaluate the Transport System In a Swedish Open Pit Mine", 23rd APCOM, SME, pp. 733-738.
34. Gamache S., Alaire M. (2002): "Overview of Solution Strategies Used in Truck Dispatching Systems for Open Pit Mines," *International Jopurnal of Mining, Reclamation and Environment*, vol. 16, pp. 59-76.
35. Ganguli, R. & Bandopadhyay, S. (2002), 'Expert system for equipment selection', *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment* 16(3), 163-170.)
36. Gransberg, D. D. (1996), 'Optimizing haul unit size and number based on loading facility characteristics', *Journal of Construction Engineering and Management* 122(3), 248-253
37. Griffiths, Jr, F. H. (1968). Optimizing haul fleet size using queuing theory. *Journal of the Construction Engineering Division* 94(1) 41-54.)
38. Haidar, A. & Naoum, S. (1995), Selection of opencase mine equipment using knowledge base and genetic algorithms, in Singhal et al. (1995), pp. 409-414.,
39. Haidar, A. & Naoum, S. (1996), 'Opencast mine equipment selection using genetic algorithms', *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment* 10, 61-67.
40. Haidar, A., Naoum, S., Howes, R. & Tah, J. (1999), 'Genetic algorithms application and testing for equipment selection', *ASCE Journal of Construction Engineering and Management* 25(1), 32-38.,
41. Hagenbuch, L., (1988): "The Basic Factors Involved and Putting These Factors into Mathematical formulas (Algorithms)", *Int. Journal of Surface Mining*, Vol. 1, No. 2, pp. 105-129
42. Hajdasinski, M. M. (2001), Suboptimal solutions in practical operations-research applications, in H. Xie, Y. Wang & Y. Jiang, eds, 'Computer applications in the minerals industrigs', Swets and Zeitlinger, Lisse, pp. 245-248.)
43. Hustrulid, WHIiam A. and Jan-Olov Nilsson (2001): "Automation and Productivity Increases at LKAB, Kiruna, Sweden." *Ann. Gen. Meeting, Can. Inst. of Min. Met. and Pet, May2-5, Montreal, Quebec, CD-ROM*, 9p
44. Hall, B. E. (2000), Simulation modelling of mining systems, in 'Proceedings of MassMin 2000', The Australiasian Institute of Mining and Metallurgy, The Australiasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, pp. 83-95
45. Himebaugh, A. E., (1980): "Computer-Based Truck Dispatching in the Tyrone Mine", *Mining Congress Journal*, Vol. 66, No. 11, November, pp. 16-21
46. Hrebar, M. & Dagdelen, K. (1979), Chapter 44: Equipment selection using simulation of dragline striping methods, in T. J. O'Neil, ed., '16th application of computers and operations research in the mineral industry', Society of Mining Engineers of AIME, New York, pp. 449-461
47. Hodson, D. I., and Barker, K. S., (1985): "The Design and Development of a Computerized Truck Dispatching System", *Mining Conference, Birmingham, UK*, June, 83-90.
48. Jayawardane, A. & Harris, F. (1990), 'Further development of integer programming in earthwork optimization', *Journal of Construction Engineering and Management* 116(1), 18-34
49. Kannan, G. (1999), A methodology for the development of a production experience database for earthmoving operations using automated data collection, PhD thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University
50. Karimi, S. M., Mousavi, S. J., Kaveh, A. & Afshar, A. (2007), 'Fuzzy optimization model for earthwork allocations with imprecise parameters', *Journal of Construction Engineering and Management* 133(2), 181-190.
51. Kesimal 1998 Kesimal, A. (1998): Shovel-truck productivity and efficiency studies for overburden removal in an open-pit coal mine. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section A: Mining Industry* 107 A37-A40
52. Kim, Y. C., and Ibarra, M. A., (1981): "Truck Dispatching by Computer Simulation", *Bulk Solids Handling*, Vol. 1, No. 1, pp. 137-147.
53. Kolonja, B., (1992): "Simulation Analysis of Dispatching Strategies for Surface Mining Operations Using SIMAN", M. Sc. Thesis, Pennsylvania State University
54. Kolonja, B., and Vasiljevic, N., (2000): "Computer Simulation of Open-Pit Transportation Systems", *Mine Planning and Equipment Selection, Panagiotou and Michalakopoulos (Eds), Balkema, Rotterdam*, pp. 613-618.

55. Kumral, M. & Dowd, P. (2005): 'A simulated annealing approach to mine production scheduling', *Journal of the Operational Research Society* 56, 922-930
56. LeRoy G. Hagenbuch, (1987): "Mining truck dispatching: The basic factors involved and putting these factors into mathematical formulas (algorithms)," *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, vol. 1, no. 2, pp. 105-129,
57. Leica Geosystems. (2012) *Jtruck* >> Leica Geosystems. [Online]. <http://mining.leica-geosystems.com/products/fleet/jtruck/>.
58. Lizotte, Y., and Bonates, E., (1987): "Truck and Shovel Dispatching Rules Assessment Using Simulation", *Mining Science and Technology*, Vol. 5, pp. 45-58.)
59. Malbašić V. (2007): Model za evaluaciju transportnih sistema u funkciji dugoročnog planiranja površinskih kopova metala, doktorska disertacija, RGF Beograd,
60. Marzouk, M. & Moselhi, O. (2004), 'Multiobjective optimization of earthmoving operations', *Journal of Construction Engineering and Management* 20(6), 535-543
61. Marzouk, M. & Moselhi, O. (2002a), Selecting earthmoving equipment fleets using genetic algorithms, in E. Yucesan, C. Chen, J. Snowden & J. Charnes, eds, 'Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference'
62. Marzouk, M. & Moselhi, O. (2002b), 'Simulation optimization for earthmoving operations using genetic algorithms', *Construction Management and Economics* 20(6), 535-543.
63. Marzouk, M. & Moselhi, O. (2004), 'Multiobjective optimization of earthmoving operations', *Journal of Construction Engineering and Management* 20(6), 535-543.
- 63a. Modular Mining Systems, Inc. (2012, Jan.) *Modular Mining Systems, Inc.* [Online]. <http://www.mmsi.com/DISPATCHop.html>
64. Marqueset, T. & Kumar, U. (2000), Application of LCC techniques in selection of mining equipment and technology, in Panagiotou & Michalakopoulos, pp. 635-640
65. Morgan, W., & Peterson, L. (1968). Determining shovel – truck productivity. *Mining Engineering*, 76-80.,
66. Morgan, B. (1994), Optimizing truck-loader matching, in Pasamehmetoglu (1994), pp. 313-320
67. Mueller, E. R., (1977): "Simplified Dispatching Board Boosts Truck Productivity at Cyprus Pima", Vol. 29, No. 8, *Mining Engineering*, August, pp. 40-43
68. Naoum, S. & Haidar, A. (2000), 'A hybrid knowledge base system and genetic algorithms for equipment selection', *Engineering, Construction and Architectural Management* 7(1), 3-14.)
69. O'Shea, J. B. (1964), An application of the theory of queues to the forecasting of shovel truck fleet productions, Master's thesis, University of Illinois, Urbana, Illinois.
70. Ramazan, S. & Dimitrakopoulos, R. (2003), Production scheduling optimisation in a nickel laterite deposit: MIP and LP applications and infeasibility in the presence of orebody variability, in Kuruppu & Lilly.
71. Rouse M.J., Fleising U. "Workplace Cultures in a British Columbia Coal Mine" (pp. 238-248)  
Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/44126806>
72. Smith, S. D., G. S. Wood, M. Gould. (2000): A new earthworks estimating methodology. *Construction Management and Economics* 18(2) 219-228.
73. Schexnayder, C., Knutson, K. & Fente, J. (2005), 'Describing a beta probability distribution function for construction simulation', *Journal of Construction Engineering and Management* 131(2), 221-229.
74. Schexnayder, C., Weber, S. & Brooks, B. (1999), 'Effect of truck payload weight on production', *Journal of Construction Engineering and Management* 125(1), 1-7.
75. Shi, J. J. (1999), 'A neural network based system for predicting earthmoving production', *Construction Management and Economics* 17, 463-471
76. Soumis, F., Ethier, J., and Elbrond, J., (1989): "Truck Dispatching in an Open-Pit Mine", *Int. Journal of surface Mining*, Vol. 3, pp. 115-119.
77. Ta, C., Kresta, J., Forbes, J. & Marquez, H. (2005): 'A stochastic optimization approach to mine truck allocation', *International Journal of Surface Mining* 19, 162-175.
78. Tailakov, O. V. & Konyukh, V. L. (1994): Equipment selection by simulation modeling of mining machine interactions, in Pasamehmetoglu (1994), pp. 301-305.
79. Tan, S., (1992): "Production Planning and Operational Control; New Algorithms with Application to the Mining Industry", Ph.D. Thesis, the Pennsylvania State University.
80. Tan, S., and Ramani, R. V., (1992): "Evaluation of Computer Truck Dispatching Criteria", Preprint 92-215, SME AIME Annual Meeting, Phoenix, Arizona.
81. Tan, S., (1992): "Production Planning and Operational Control; New Algorithms with Application to the Mining Industry", Ph.D. Thesis, the Pennsylvania State University
82. Temeng, V. A., Francis, O. O., and James, O. F., (1997): "Real-Time Truck Dispatching Using A Transportation Algorithm", *Int. Journal of Surface Mining*, Vol. 11, pp. 203-207.)
83. Tu, H. J., and Hucka, V. J., (1985): "Analysis of Open Pit Truck Haulage System by Use of a Computer Model", *CIM Bulletin*, Vol. 78, No. 879, July, pp. 63-59
84. TALPAC, Runge Software.
85. Vuković F. (2005): Razvoj sistema za praćenje i uoravljanje troškovima transporta na površinskim kopovima", doktorska disertacija, RGF Beograd,
86. Webster, D. & Reed, R. (1971), 'A material handling system selection model', *AIME Transactions* 3(1), 13-20.
87. Welgama, P. & Gibson, P. (1995), 'A hybrid knowledge based/optimisation system for automated selection of materials handling system', *Computers Industrial Engineering* 28(2), 205-217.
88. White J., Arnold M.J., and Clavenger J.G., (1982): "Automated Open-Pit Truck Dispatching at Tyrone," *Engineering & Mining Journal*, vol. 183, no. 6, pp. 76-84,
89. Wilke, F. L., and Heck, K., (1982): "Simulation Studies on Truck Dispatching", 17th APCOM, AIME, New York, pp. 620-626

90. World Mining Equipment Online. *Survival 2001 Seminar*. July 31<sup>st</sup> 2001. <http://www.wme.com>
91. Youdi, Z., Jing, S., Shuguang, L., and Daxian, Z., (1994): "System Simulation of Optimal Truck Dispatching Criteria in open Cut Mining", *Mine Planning and Equipment Selection*, Pasamehmetoglu, et al. (Ed), Balkema, Rotterdam, pp. 307-311.
92. Xinchun, L., Weicheng, Z. & Youdi, Z. (2004): Application of genetic algorithm to optimize the number and size of equipment of surface mine, in Hardygora et al. (2004), pp. 637-639
93. <http://www.rpmglobal.com/software/haulsim>
94. G. Panagiotou, T. Michalakopoulos, eds (2000): *Mine planning and equipment selection 2000: Proceedings of the Ninth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection /Athens/Greece/6-9. A.A. Balkema, Rotterdam, 547-553.*

- 1) Укратко истаћи разлог због којих су истраживања предузета и представити проблем, предмет, циљеве и хипотезе;
- 2) На основу прегледа литературе сажето приказати резултате претходних истраживања у вези проблема који је истраживан (водити рачуна да обухвата најновија и најзначајнија сазнања из те области код нас и у свијету);
- 3) Навести допринос тезе у рјешавању изучаваног предмета истраживања;
- 4) Навести очекиване научне и прагматичне доприносе дисертације.

## V МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

1) Овдје се разрађују главна питања и кључни концепти у оквиру креирања модела за управљање дисконтинуалним системима површинске експлоатације у рударству. Дисертација се бави управљањем једног вида рударске производње, али када говоримо о појединим методама и видовима рударских производних система они имају засебне конкретне карактеристике. Дакле они имају специфичне методе, технологије и системе експлоатације, у склопу истих одређене активности, процедуре, материјале али и езотеричне концепте-мотивацију запослених и културолошке специфичности. Ово је тема која се континуално изучава у последњих двије до три деценије и постоји много различитих поимања статуса рударске производње. Тема дисертације захтјева истраживања базирана на рударском инжењерингу, информационим технологијама али и науци о менаџменту. Овај рад садржи одређени критички преглед ранијих и текућих истраживања управљања у рударству и развој истог али и одређена виђења и рјешења које је начинио и аутор у свом дугогодишњем раду у рударству.

Дисертација се бави меотодологијом моделирања управљања на површинским коповима са дисконтинуалним системима производње. Методологија развија кључне компоненте система управљања, које укључују план система и инфраструктуру, мјерила, инфраструктуру управљања те оперативних дио модела који умногоме олакшава доношење одлука. Питања радне и социолошке културе, специфична технологија производње, али и избор одговорајућих информационих технологија, компјутерске технике, аутоматизације/ механизације су основа за проширење могућности контролисања, управљања и побољшања рударских производних система. Важнији концентри, који одређују опсег овог рада, се могу представити као:

- Ограничавање анализе на површинске копове,
- Не разматрају се стратешка питања рудника,
- Класификације радне и управљачке хијерархије,
- Употреба информационих технологија – модерни приступи обради

прикупљених података и симулација производних система са диспечингом.

Код оптимизације рада система багер-камион постоје многа истраживања везана за избор опреме у циљу оптимизације њеног рада а везана и за друге специфичне аспекте рада у рударству. У овој дисертацији се неће толико обрађивати питање избора опреме унутар избора методе експлоатације, параметара површинског копа и др. Многи аутори у рјешавању таквих питања имају различите приступе, сложеност у успјех. У приступу кроз анализу у реалном времену, индивидуално вријеме различитих послова и операције се могу снимати.

У развоју рачунарског симулационог модела диспечинга камиона па и управљања цјелокупним дисконтинуалним системом багер-камион, неопходно је прибавити детаљне и актуелне информације везане за рад систем. Тачна и актуелна процјена рада система багер-камион и редослиједа догађаја је есенцијална јер се на основу тога може пројектовати реална слика о одређеном проблему и идеја како исти превазићи

Постоје двије главне компоненте у било ком диспечерском систему: **критеријуми диспечинга и стратегија диспечинга.**

Дефинисањем структуре интегралног информационог система на примјеру Рудника Угљевик и површинског копа Богутово Село се ствара алат за ефикасно и правремено прикупљање актуелних, поузданих и прецизних информација постављених у јасно дефинисан комплет/сет информација, који даље омогућава вишекритеријумски приступ симулационом моделирању производног процеса дисконтинуалне експлоатације, диспечингу и управљању истим. То се може радити употребом теоретски или емпиријски дефинисаних функција расподеле података за сваки физички процес у техничком систему производње.

2) Примјењене методе при истраживању оправданости и развоја методологија за развој модела управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације и уопште рударске производње, су актуелне јер се кроз приказе и описе историјског и техничког развоја производног управљања, у рударству гдје су значајна оперативна ограничења, циљеви али и „култура“ различити, идентификовала информациону технологија (ИТ) као сасвим задовољавајући и моћан алат за управљање.

У дисертацији се даје приказ теоретских основа, начини размишљања при реализацији те саме процедуре и предметне методологије формирања модела управљања. Циљ ове методологије је максимално могуће коришћење информационих технологија, савремених техника управљања уз уважавање свих специфичности рударске индустрије и сваког појединог рудника. Предложени модел треба да буде флексибилан са значајнијим утицајем менаџмента рудника на сам производни систем рудника. Такође модел треба да идентификује подручја односно основне фазе саме методологије:

**-Планирање и изградња инфраструктуре система-** овом фазом је потребно обезбиједити прилагодљивост система у будућности тако што би се израдио нацрт система управљања, а узимајући у обзир предвиђену технологију и корпоративне циљеве. Ограничења која би се уградила у систем управљања могу се избјећи сагледавањем дугорочног развоја ИТ и система управљања. Приликом изградње инфраструктуре система се моделују подаци и организују различити извори података што је релативно комплексно питање у рударској индустрији:

**-Утврђивање мјера-начина вриједовања и учинака** - мјерење је кључ за остваривање продуктивности али и камен темељац за креирање информација које се користе приликом оперативног управљања. Обрачунска мјерења стварају услове за адаптацију и побољшање резултата унапријеђења производних и технолошких процеса. У овој фази се развијају начини мјерења и обрачуна.

**-Изградња инфраструктуре управљања-** за коришћење и одржавање било којег система управљања потребна је организациона шема. У овој фази се развијају (пројектују) и примјењују одговарајући процедурални механизми како би се обезбиједило ефективно управљање над системом рударске производње.

**-Операциона фаза-Диспечинг** - у овој фази се обрађују питања која се односе на начин коришћења, одржавања и будућег развоја система управљања, при чему се значај придаје што ефектнијем **Прикупљању и статистичкој обради података** из самог производног процеса те **Коришћењу симулационог модела** који даје естимације понашања система у будућем периоду, што умногоме олакшава менаџменту доношење одлука у смислу оптималног коришћења опреме у самом

производном процесу.

3) У току израде дисертације су прикупљани подаци практично у четворогодишњем периоду (2012-2015) и подаци, са реалним изворима и оквирима, су надаље анализирани, обрађивани те кроз адекватне симулационе рачуанрске програме симулирани, што је давало довољно података, резултата и критеријума за управљање дисконтинуалним системом експлоатације на површинском копу Богутово Село Угљевик. Наведени период је сасвим адекватан да да довољно поуздане податке из реалног производног система, што утиче на релевантност и репрезентативност добијених резултата симулација и самог модела.

4) Обавезни дио у структури модела управљања дисконтинуалним системима експлоатације у рударству јесте управо и статистичка обрада прикупљених и снимљених резултата, што је на адекватан начин приказано и урађено у дисертацији.

Комплексност и стохастичка природа експлоатације минералних сировина на површинским коповима, условила је анализу и планирање структуре производних система у реалном радном окружењу успостављањем веза између фаза технолошког процеса и случајних догађања у њему коришћењем случајних промјенљивих.

Сваки статистички модел улазних величина симулационог модела је у тијесној вези са реалним системом, из чијег узорка се и одређује, и симулационим програмом у коме је потребно да се изврши његова интерпретација.

Утицај избора статистичког модела случајних улаза симулационог модела је од мањег или већег значаја прије свега за валидност самог симулационог модела. Не постоји начин одређивања значајности утицаја избора статистичког модела без примјене формалне методе валидације. Пошто одмах на почетку не знамо колики је тај утицај на валидност симулационог модела препоручљиво је да се претпостави његов велики значај. Послије прикупљања података из реалног система путем НИС, који је приказан у претходном тексту овог поглавља предстоји статистичка обрада података са циљем одређивања расподеле вјероватноће која описује случајан улаз у симулациони модел. Када се изврши избор расподеле вјероватноће слиједи корак у којем се дефинишу параметри, статистички обрађено и имају дефинисану криву из фамилија расподеле, а која представља практични математичку зависност појединих величина и параметара у производњи. На крају је могуће извршити и оцјену изабране математичке функције зависности појединих параметара производног система и то графичким путем или путем статистичких тестова, како је то наведено у поглављу 4.

У ову сврху је коришћен софтверски пакет *Graph version 4.4.2.* за статистичку обраду података коришћењем теорије најмањих квадрата приликом процеса дефинисања криве на основу познатих података (тзв „Фитовање криве“)

- 1) Објаснити материјал који је обрађиван, критеријуме који су узети у обзир за избор материјала;
- 2) Дати кратак увид у примијењени метод истраживања при чему је важно оцијенити следеће:
  1. Да ли су примијењене методе истраживања адекватне, довољно тачне и савремене, имајући у виду достигнућа на том пољу у свјетским нивоима;
  2. Да ли је дошло до промјене у односу на план истраживања који је дат приликом пријаве докторске тезе, ако јесте зашто;
  3. Да ли испитивани параметри дају довољно елемената или је требало испитивати још неке, за поуздано истраживање;
  4. Да ли је статистичка обрада података адекватна.

## VI РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

1) Циљ ове дисертације био је оптимизација дисконтинуалних система експлоатације са основним задатком унапријеђења ефикасности рада система примјеном диспечинг система у конкретним условима експлоатације. Комплексност производних система у рударству, мноштво параметара релевантних за успјешност рада захтјевало је студиозан приступ изучавању ове врсте производње и начину могућег презентовања у циљу и смислу бољег разумијевања истих.

Циљ оптимизације управљања дисконтинуалним системима површинске експлоатације се састоји у што већем приближавању система за управљање задатом стању, што се може постићи већим бројем промјена улазних параметара. Када се идентификује зона оптималног рјешења, постепено се смањује и корак промјене улазних параметара чиме се континуалном употребом резултата симулације на бази реалних-снимљених параметара из изворног производног система, може доћи до оптималног рјешења. У току истраживања је у, што је већем обиму, дефинисан списак потенцијалних елемената смањења трошкова кроз оптимизацију.

Приказана методологија истраживања у овој дисертацији представља примјену комбинације познатих информационих технологија у рударству уз сагледавање свих њихових предности и недостатака у специфичним условима управљања комплексним дисконтинуалним системима површинске експлоатације. У дисертацији су наведене основне специфичности и потребе рударског производног система, при чему многи истраживачи покушавају да одговоре на такве захтјеве, формирајући различите приступе рјешавања управљања таквим производним системима. Може се констатовати да напријед презентоване информатичке технологије представљају практично употребу комерцијалних програма али према нивоу и у облику који је специфичан за поједини рудник, као што је то случај у овој дисертацији Рудник Угљевик.

Овдје је дат преглед информационих алата који су коришћени приликом његове изградње, и начина реализације израде надзорно-информационог система као и свих истраживања која су претходила у смислу што прецизнијег и релевантнијег сагледавања комплетног производног процеса. У склопу тога је дефинисана:

- Инфраструктура система са информационо-управљачким токовима, описом производно-технолошких процеса, приказом логистике при развоју модела управљања, анализом функционалности система за праћење, планирање система

- Архитектура система са конфигурацијом даљинског управљања

- Фаза креирања инфраструктуре података уз дефинисање начина реализације, приказ моделирања података, дефинисање извора података, утврђивање система за контролу процеса и рада опреме, приказ логичког и физичког модела базе

- Опис надзорно-информационог система Рудника Угљевик са свим системима и подсистемима те MIDSS и заштита система.

Поред тог дијела модела управљања сачињеног од НИС-а други дио модела представља операционо-симулациони дио, који чини и главни дио управљачког дијела модела управљања. У њему су дати прегледи и описи софтверских пакета који су коришћени и чију је оправданост употребе у ове сврхе ова докторска дисертација потврдила. Приказани су софтверски пакети за Статистичку обраду података и Израду симулационог модела дисконтинуалног система експлоатације те 3D моделовање у сврху дефинисања оптималног диспечинг мода за унапријеђење рада багер-камион система на површинским коповима.

Анализирана су два најчешће коришћена критеријума оптимизације ових система (први-максимално коришћење камиона и други-максимално коришћење багера).

Анализа је изведена кроз поређење са конвенционалним (фиксним) начином рада система багер-камиони ради оцјене ефикасности предложених критеријума диспечинга. Сви алгоритми су тестирани, а резултати симулације анализирани одговарајућим статистичким методама. Сваки критеријум има своје предности и недостатке који су коментарисани. Међутим, да би донијели коначну одлуку о примјени било ког критеријума неопходно детаљна анализа мора бити изведена према дугорочним циљевима и захтјевима одређеног површинског копа.

Приликом дугорочног планирања експлоатације на површинском копу, пројектант је увијек суочен са два основна задатка. Први је да се користе савремене методе и приступи у анализи и пројектовању у циљу изналажења оптималних рјешења, други да докаже могућност примјене ових метода, а онда подстакне рударске инжењере да их користе у реалним околностима. У суштини ова дисертација је била усмјерена ка другом задатку. Дефинисани су и анализирани реални критеријуми алоцирања камиона, и закључило се да пружају велике могућности за повећање ефикасности рада дисконтинуалних система.

Имајући у виду да Рудник већ располаже са управљачким системом (НИС) постоји велика могућност надградње овог система тако да се у систем укључи недостајућа опрема уз примјену одговарајућег софтверског рјешења. На овај начин би се једноставно омогућило аутоматско управљање овим системима у реалном времену према одговарајућем критеријуму и циљевима Рудника.

Имајући у виду закључке до којих се дошло у овој дисертацији и резултате објављене у стручној литератури општи је закључак да ови модели управљања могу утицати на повећање капацитета дисконтинуалних система до 15%, зависно од величине система и услова на копу. Коначно рјешење треба да проистекне из детаљне техно-економске анализе у односу на дугорочне циљеве Рудника.

2) Добијени резултати су јасно приказани на студији случаја-примјеру површинског копа Богutowo Село Угљевик, правилно и логично тумачени, кроз резултате моделирања производних процеса у рударству других аутора. Сазнања до којих се дошло кроз истраживање су веома добро смјештени у контекст литературе која описује сличну проблематику. Кандидат је јасно образложио како добијена достигнућа тако и доприносе рјешавању одређене проблематике и значај тих достигнућа.

3) Резултати истраживања научног и практичних истраживања су довела до дефинисања многих предности употребе информационих технологија у процесу надзора, сакупљања информација и управљања дисконтинуалним системима експлоатације и креирања модела који може одговорити краткорочним али и дугорочним потребама планирања и управљања. Оригиналност ове методологије се огледа у настојању да се комплетан модел управљања подијели принципијелно на два дијела:

- логистичко-информациони – који својом обимношћу надзорно-информационог система (НИС) повезује све производне, пратеће и логистичке процесе у јединствен систем токова информација, што омогућава потом издвајање појединих сетова информација најпотребнијих за поједине нивое управљања,
- операционо-симулациони – је дефинисан карактеристичном поставком комерцијалних рачунарских програма за статистику прикупљених информација те симулацију дисконтинуалног система експлоатације чији резултати нису само погодни за директни диспечинг и алокацију опреме него и за саму валидацију важећих паранетара управљања. То значи да је могуће у врло кратком времену извршити измјену диспечерских услова и вриједности што је веома битно у данашњим условима организације рада рударских производних процеса.

Поред напријед наведеног дефинисани модел даје могућност интерактивне двосмјерне везе између диспечерског центра (који представља извршни ниво управљања и има двосмјерну интеракцију са I и II нивоом управљања -директни извршиоци, пословође и руководиоци појединих производних цјелина) али и III па и IV нивоа управљања ( ниво техничког директора као тактичког па и директора као стратешког управљања). То значи да је могуће много лакше управљање и специфично прилагођавање стратешких и оперативних планова и циљева у рудницима а не само код активности везаних за диспечинг и алокацију опреме током чисто оперативних послова управљања.

Наставак истраживачких активности у овој области, техника и метода управљања, као и информационе инфраструктуре система требала би да иду у следећим правцима:

-Постављање циља развоја општег модела података за рударство, који би се могао сматрати званичним и широко употребљивим,

- " Data mining" (разоткривање података) је нова област, која се у маркетингу користи за откривање шема међу великом количином података. Техника користи алгоритме претраге за детектовање шема у дефинисаној бази података,

-Метрика за сваки ниво управљања се може додатно развијати и метрика дефинисана за тактички ниво управљања двосмјерно се даље развија ка вишим – стратешким нивоима или нижим – дугорочним оперативним нивоима управљања,

-Оправдано је додатно прилагођавање савремених техника менаџмента које су коришћене и поменуте у овом раду у циљу њихове шире примјене у рударству а иста се могу остварити даљом примјеном у пракси ,

-Образовање будућих менаџера о техникама управљања и оперативним питањима треба да се обавља на II и III циклусу студија и на професионалном нивоу,

-Могуће је развијање и коришћење више различитих правила диспечинга да би се статистички упоређивали с постојећим правилима која су у употреби данас,

-Препоручује се проширење овог модела са модулима у операционо-симулационом дијелу, који би вршили симулацију и комбинованих или континуалних система ,

-Препоручује се даљи редизајн форми извјештаја за више нивое управљања (стратешког нивоа), у којем се неће долавати превелик број информација и преоптерећивати тај систем управљања вишком података.

1) Укратко навести резултате до којих је кандидат дошао;

2) Оцијенити да ли су добијени резултати јасно приказани, правилно, логично и јасно тумачени, упоређујући са резултатима других аутора и да ли је кандидат при томе испољавао довољно критичности;

3) Посебно је важно истаћи до којих нових сазнања се дошло у истраживању, који је њихов теоријски и практични допринос, као и који нови истраживачки задаци се на основу њих могу утврдити или назирати.

## VII ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

1) За опстанак рударске индустрије у 21. вијеку биће потребно да се изврше фундаменталне промјене, како у техничкој тако и у управљачкој технологији. Ово потврђује и став највећих рударских компанија, које су идентификовале информациону и комуникациону технологију као најкритичније технологије рударске индустрије у будућности. Већа продуктивност, квалитет и профитабилност, уз задовољење унутрашњих и спољашњих клијената су неки од кључних ефеката коришћења података у спрези са напредним техникама управљања. Ови алати менаџмента су се показали као веома ефикасни на тактичком нивоу, на коме се информација директно из производног система

може искористити ради оптимизације процеса и њихове интеракције. Неколико неријешених питања у рударству довело је до потребе за изградњом једног структурираног и непосредно примјенљивог модела управљања помоћу кога би се управљало производним системом рудника. Потреба за пројектовањем система управљања који непосредно рјешава проблеме производних технолошких система је такође констатована и образложена у овој дисертацији. Опште технике менаџмента које су дале добре резултате у неким другим гранама индустрије, у рударству су примијењене са промјенљивим резултатима. Неке од њих су примијењене успјешно, а неке неуспјешно. Тешкоће у примјени ових техника су посљедица разлика између индустријских грана у којима су оне настале и рударства. Због тога је било потребно обавити одговарајуће анализе и установити посебности рударства, као и захтјеве које технике треба да испуне у овој грани индустрије.

Дисертација је јасно написана и логично документована. Резултати су јасно приказани и дефинисани а постављена хипотеза је јасно аргументована. Циљ истраживања је успјешно реализован а најважнији резултати истраживања су валидовани кроз практичну употребу на приказаном примјеру Рудника Угљевик.

Дисертација представља висок ниво оригиналног научног рада јер је провјером оригиналности, у складу са актима Универзитета, утврђен индекс сличности 0%.

2) На основу спроведеног увида, анализа и закључака, Комисија једногласно предлаже Наставно-научном вијећу Рударског факултета Универзитета у Бањој Луци да прихвати овај позитиван извјештај и исти прослиједи у даљу процедуру Сенату Универзитета у Бањој Луци те да се кандидату одобри јавна одбрана.

1) Навести најзначајније чињенице што тези даје научну вриједност, ако исте постоје дати позитивну вриједност самој тези;

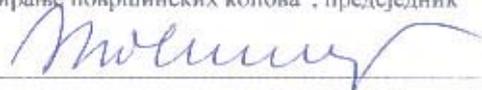
2) На основу укупне оцјене дисертације комисија предлаже:

- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана,
- да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни или измјени) или
- да се докторска дисертација одбија.

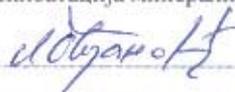
### ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Датум: 11.05.2018. године

1. др Божо Колоња, редовни професор Рударско-геолошког факултета у Београду, ужа научна област „Рударско инжењерство-Пројектовање и планирање површинских копова“, предсједник



2. др Лазар Стојановић, ванред. професор Рударског факултета Приједор, Универзитета у Бањој Луци, ужа научна област „Површинска експлоатација минералних сировина“, члан



3. др Јово Миљановић, ванредни професор Рударског факултета Приједор, Универзитета у Бањој Луци, ужа научна област „Подземна експлоатација минералних сировина“, члан



ИЗДВОЈЕНО МИШЉЕЊЕ: Члан комисије који не жели да потпише извјештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извјештај образложење, односно разлог због којих не жели да потпише извјештај.