



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ

Тодор Чекеровски

Оптимизација на диспечерски систем за управување на
мобилна рударска опрема со примена на GPS технологии

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Штип, 2015 година

Тодор Чекеровски

Оптимизација на диспечерски систем за управување на
мобилна рударска опрема со примена на GPS технологиии

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Членови на комисија за одбрана:

- Претседател : Проф. д-р Владо Гичев
Редовен професор
Факултет за информатика
Универзитет „Гоце Делчев“- Штип
- Член: Проф. д-р Јордан Живановиќ
Редовен професор во пензија
Факултет за информатика
Универзитет „Гоце Делчев“- Штип
- Член: Проф. д-р Зоран Десподов
Редовен професор
Факултет за природни и технички науки
Универзитет „Гоце Делчев“- Штип
- Член: Проф. д-р Милош Грујиќ
Редовен професор во пензија
Рударско – геолошки факултет
Универзитет во Белград, Р.Србија
- Член: Доц. д-р Николинка Донева
Факултет за природни и технички науки
Универзитет „Гоце Делчев“- Штип

Научно подрачје: Техничко - технолошки науки

Научно поле: Рударство, Компјутерска техника и информатика

Научна област: Транспортни и извозни постројки, Обработка на информации

Датум на одбрана: 07.07.2015

Датум на промоција: _____

БЛАГОДАРНОСТ

Голема благодарност изразувам до моите ментори проф. д-р Јордан Живановиќ и проф. д-р Зоран Десподов чија несебична помош и залагање при утврдување на темата, користење на стручни совети и сугестии, како и морална поддршка при изработката на овој труд.

Посебна благодарност и почит сакам да изразам до моето семејство за трпението и моралната поддршка што ми ја дадоа при изработката на докторската дисертација.

Благодарност изразувам и до господинот Стилијан Станков директор на фирмата НОАК за добрата и успешна соработка во текот на изработката на дисертацијата и останатите колеги кои допринесоа оваа дисертација да ја добие завршната форма.

ОПТИМИЗАЦИЈА НА ДИСПЕЧЕРСКИ СИСТЕМ ЗА УПРАВУВАЊЕ НА МОБИЛНА РУДАРСКА ОПРЕМА СО ПРИМЕНА НА GPS ТЕХНОЛОГИИ

Апстракт:

Во дисертацијата се обработени системите за диспечирање на мобилна рударска механизација базирани на GPS технологиите како современ начин за мониторинг и управување со товарно-транспортниот комплекс на површинските копови за експлоатација на метални минерални сировини. Предложен е општ систем за диспечирање со неговите составни компоненти, а исто така детално е обработен системот за диспечирање на мобилната рударска опрема така наречен SkyLinks, применет во Рудникот за производство на бакарна руда Бучим-Радовиш, како студија на случај. Извршена е статистичка анализа на масата на превезениот товар со дамперите во еден циклус и времето на траење на циклусот на дамперите. Врз основа на податоците од статистичката анализа на превезениот товар во еден циклус и податоците за временското искористување на дамперите генерирани од системот, одредени се техничкиот и експлоатациониот часовен транспортен капацитет на дампер бр.17 и бр.19 за услови на работа во Рудникот “Бучим”. Анализирани се експлицитните и имплицитните ефекти од примената на овој современ вид на системи за надзор и диспечирање со мобилна опрема на површинските копови, со акцент на економските ефекти. Извршена е повеќекритериумска оптимизација за избор на оптимален дампер за транспорт на руда и јаловина за условите во рудникот Бучим.

Клучни зборови: рудници, диспечирање, товарно-транспортен комплекс, позиционирање.

OPTIMIZATION OF OPERATIVE MANAGEMENT SYSTEM OF MOBILE MINING EQUIPMENT WITH APPLICATION OF GPS TECHNOLOGY

Abstract:

In this dissertation is developed systems for dispatching mobile mining machinery based on GPS technology as a modern way to monitor and manage freight-transport complex surface mines for exploitation of metallic minerals. A general system is proposed for dispatching with its constituent components, and also developed a detailed system to dispatch mobile mining equipment also called SkyLinks, applied in mine production of copper Bucim-Radovish, as a case study. Statistical analysis are made for weight of the cargo carried by truck in one cycle and the duration of the cycle truck. Based on data from the statistical analysis of freight carried in one cycle and timeout data exploitation of trucks generated by the system are calculated technical and working hours of truck transport capacity no.17 and no.19 on working conditions in the mine "Bucim." Explicit and implicit effects are analyzed for this kind of modern surveillance systems and dispatching of mobile equipment for surface mines, with emphasis on economic effects. Multifactor optimization has been done for selecting optimal truck to transport ore and slag on the conditions in the mine Bucim.

Key words: mining, dispatch, freight-transport complex, positioning.

Објавени трудови од докторската дисертација

1. Cekerovski T., Zivanovic J., Despodov Z.,: *The role of the gps-system in integrated control system skylines in mine for copper Bucim*, "Proceedings of the XVth national conference with international participation of open and underwater mining of minerals- Scientific and technical union of mining, geology and metallurgy", June 19-23, International house of Scientists"Fr.J. Curie"-Varna, Bulgaria, 2011
2. Cekerovski T., Zivanovic J., Despodov Z.,: *Comparison of some parameters from the old and the new control system in mine bucim*, "Proceedings of the XVth national conference with international participation of open and underwater mining of minerals- Scientific and technical union of mining, geology and metallurgy", June 19-23, International house of Scientists"Fr.J. Curie"-Varna, Bulgaria, 2011
3. Cekerovski T., Zivanovic J., Despodov Z.,: *Implementation of internet technologies in governing of the dispatcher system SkyLinks at the mine Bucim* "TIORIR'11 Integrated international symposium –ISTI, ORRE & IRSE" September 11-15, Zlatibor, 2011.
4. Cekerovski T., Zivanovic J., Despodov Z.,: *Implementation of the performances of the mine transport in mine Bucim with implementation of the system SkyLinks*" TIORIR'11 Integrated international symposium –ISTI, ORRE & IRSE" September 11-15, Zlatibor, 2011.
5. Despodov,Z., Cekerovski,T., Adziski,V.: *Application of GPS technology for management with mobile mining machinery in copper mine Buchim*, Underground mining engineering 23, YU ISSN 0354-2904, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 2013.

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	1
2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА КОЈА ГО РАЗРАБОТУВА ПРОБЛЕМОТ НА УПРАВУВАЊЕТО НА МОБИЛНАТА МЕХАНИЗАЦИЈА ПРИМЕНЕТА ВО РУДНИЦИТЕ 4	
3. ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА НАУЧНОТО ИСТРАЖУВАЊЕ.....	5
4. ОПШТИ ПРИНЦИПИ НА СИСТЕМОТ ЗА ГЛОБАЛНО ПОЗИЦИОНИРАЊЕ (GPS)	8
4.1 Опис на системот за глобално позиционирање (GPS)	8
4.1.1 Извор на грешки	11
4.1.2 Геометрија на сателитите.....	14
4.1.3 Диференцијална корекција	14
4.1.4 GPS сигнал	16
4.1.5 Кодно и фазно мерење	18
4.1.6 Трилатерација	19
4.1.7 Пресметка на позиции.....	19
4.2 Примена на системот за глобално позиционирање (GPS) во рударската индустрија	21
4.2.1 Примена на диспечерски систем за управување со континуирана технологија на експлоатација во површински коп за глина “Мајдан III”, Потисје - Кањижа.....	22
5. СИСТЕМ ЗА ДИСПЕЧИРАЊЕ НА МЕХАНИЗАЦИЈА ЗА ДИСКОНТИНУИРАНА ТЕХНОЛОГИЈА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА БАЗИРАН НА GPS	28
5.1 Хардверски дел на системот за диспечирање	30
5.2 Софтверски дел на системот за диспечирање	32
6. СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ: РУДНИК ЗА БАКАР “БУЧИМ”.....	33
6. 1 Општи податоци за рудникот за производство на бакар “Бучим”	33

6.2	Опис на работата на претходниот систем за диспечирање на мобилната рударска опрема во рудникот за бакар Бучим	44
6.3	Технички опис на SkyLinks системот за диспечирање на мобилна рударска опрема во рудникот Бучим	46
6.3.1	Компоненти на системот SkyLinks	46
6.3.2	Краток опис на работа на системот SkyLinks гледано од аспект на софтвер	51
6.3.4	Функции на системот SkyLinks применет во рудникот “Бучим”	53
6.3.5	Параметри и извештаи кои ги генерира системот SkyLinks	55
6.3.6	Статистички извештаи	60
7.	ОСТВАРЕНИ ЕФЕКТИ ПРИ ПРИМЕНА НА СИСТЕМОТ ЗА ДИСПЕЧИРАЊЕ НА РУДАРСКА ОПРЕМА БАЗИРАН НА GPS ТЕХНОЛОГИЈАТА ВО РУДНИКОТ “БУЧИМ”	62
7.1	Експлицитни ефекти	62
7.2	Имплицитни ефекти	66
8.	ОДРЕДУВАЊЕ НА НЕКОИ ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ НА МОБИЛНАТА ОПРЕМА ВО РУДНИКОТ “БУЧИМ”	74
8.1.	Општи принципи за одредување на капацитетот на камионскиот транспорт	74
8.2	Одредување на капацитетот на камионскиот транспорт во Рудникот за бакар Бучим	78
8.2.1	Теоретски основи на статистичка анализа	79
8.2.1.1	Прелиминарност	80
8.2.1.2	Основно множество и примерок	80
8.2.1.3	Точкасти оценки	85
8.2.2	Статистичка анализа на податоци за факторите влијателни на пресметката капацитетот на дамперот	91
8.2.2.1	Статистичка анализа на превезен товар во еден циклус на дамперот бр. 17 ...	92
8.2.2.2	Статистичка анализа на пренесен товар во еден циклус на дамперот бр. 19	102
8.2.2.3	Статистичка анализа на времето на траење на еден циклус на дамперот	110
8.2.3	Одредување на техничкиот и експлоатациониот капацитет на дамперите	119

8.2.3.1	Одредување на техничкиот транспортен капацитет	119
8.2.3.2	Одредување на експлоатациониот транспортен капацитет	123
9.	ИЗБОР НА ОПТИМАЛЕН ДАМПЕР ЗА ТРАНСПОРТ НА РУДА И ЈАЛОВИНА ЗА УСЛОВИТЕ ВО РУДНИКОТ БУЧИМ СО ПРИМЕНА НА SKY LINKS СИСТЕМОТ.....	133
9. 1	Краток осврт на методологијата за повеќекритериумска оптимизација при избор на оптимален дампер.....	133
9.2	Примена на MEAT за избор на оптимален дампер за транспорт на ископината во Рудникот Бучим	138
9.3	Интерпретација на добиените резултати од повеќекритериумската оптимизација	148
10.	ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ ЗА ПОНАТАМОШНИ ИСТРАЖУВАЊА.....	149
	ЛИТЕРАТУРА	152
	ПРИЛОЗИ	
	ПРИЛОГ I	154
	ПРИЛОГ II.....	181
	ПРИЛОГ III.....	189

1. ВОВЕД

Основна цел на организирањето и управувањето со работата на мобилната опрема, односно товарно-транспортните машини на површинските копови е максимално искористување на нивните капацитети со обезбедување на нивно оптимално и несметано работење, при тоа водејќи сметка за планското и превентивно одржување.

При организацијата на работата на мобилната опрема значајна улога има дистрибуирањето на камионите до товарните машини и истоварните места (примарно дробење и одлагалиште). Главна цел на дистрибуирањето на камионите на површинските копови е постигнување на поголема продуктивност на машините, а со тоа и поефтина експлоатација на минералните суровини. Камионите можат да се дистрибуираат (распоредуваат) на следниве начини:

- според затворен циклус,
- радио-визуелно распоредување,
- автоматско управување и
- управување базирано на GPS технологиите.

При распоредување по затворен циклус одреден број на камиони строго е поврзан за конкретно товарно место, и промени можат да настанат само во случај на дефекти на машините. Кај овој вид на распоредување неминовно доаѓа до намалување на искористувањето на капацитетот на машините, поради заокружување на бројот на камиони на цел број при неговата пресметка. Ако се усвои број на камиони поголем од големината на децималниот број, добиен со пресметката, за еден багер се намалува нивниот можен капацитет поради формирање на ред на чекање на местото на товарење, а ако се усвои помал број од децималниот багерот недоволно ќе биде искористен, бидејќи ќе чека за камиони. Поради очигледно недоволното искористување на системот багер-камион, тој се применува само за мали производни капацитети.

Радио-визуелното распоредување овозможува контрола на работата на возилата и багерите со цел за навремено превземање на мерки при појава на организациони или останати пречки, кои го отежнуваат нормалното одвивање на работните операции. Возилата се дистрибуираат од диспечерски центар со помош на главна радио-станција која се наоѓа во тој центар, и помошни радио-станции во службени возила кои се движат по копот, или пак со помошни радио-станции во дамперите.

За да се обезбеди јасен пренос на наредбите, се применуваат тонско модуларни сигнали кои не можат да ги предаваат возачите.

Со примена на два вида радио-врски се отклонува можноста за појава на взаемни пречки помеѓу јавните административни врски и радио-врските на службата за движење на камионите. Возачите воспоставуваат врска со диспечерот по истоварувањето на товарот, за да добијат информации каде да заминат на утовар и по напуштањето на багерот, поради запознавање на диспечерот за видот на товарениот материјал и регистрирање на учинокот на багеристот и возачот на камионот.

Доколку на возачите им е соопштено, на почетокот на смената, на кои одлагалишта треба да возат и до колку преку сигналните ознаки на задната страна на багерот се запознаени со видот на товарот нема потреба диспечерот да го диригира движењето на камионите од багерот. Ниту овој начин на управување не е доволно ефикасен, па тој се применува за средни производни капацитети, односно 4 до 6 дампера кои се опслужувани од 2 до 3 багери.

Автоматското управување на товарно-транспортните системи е овозможено со примена на компјутери кои ги распоредуваат камионите во оптимален режим. Податоците за локацијата и состојбата на дамперите се внесуваат во компјутер во реално време. Користејќи оптимален диспечерски алгоритам, компјутерот го известува возачот за бројот на багари за утовар или за местото на истовар. Покрај податоците за положбата на возилата се внесуваат и следните податоци:

- средната носивост за секој камион;
- местото на истовар од секој багер;
- квалитетот на рудата од сите откопни места;
- средното време на товарење на секој камион;
- средното време на возење на камионите по сегменти од патот, ограничени со индикатори кои го регистрираат моментот на поминување на камионите покрај нив.

Наведените податоци се внесуваат во компјутерот на почетокот на смената, за да во текот на смената автоматски се корегирани врз основа на реалните услови. Со овие податоци компјутерот избира оптимално решение. Во зависност од конкретните експлоатациони услови на копот за избор на оптимално решение можат да се користат следните критериуми:

- минимално време на задржување на возилата во редот за товарење;
- минимално време на застои на багерот поради чекање за камиони;
- оптимално траење на циклусот на возење;
- оптимална хомогенизација на рудата;
- оптимално време за минирање, одмор за ручек, време на поправка на машините и сл.

Математичка метода за изработка на програмска основа за автоматска дистрибуција на камионите е математичко програмирање. Основната задача на

математичкото програмирање е минимизација на бројот на камиони под услов тој неопходен број на камиони да обезбедува максимален учинок на товарно-транспортниот систем. Непознат параметар е фреквенцијата на камионите, па управувањето на камионите се сведува на нејзина корекција според големината добиена со решавање на задачата од програмирањето. Автоматското управување со камионите се применува за површински копови со големи производни капацитети.

Управување со GPS технологии

Најсовремен вид на диспечирање на мобилна рударска опрема е диспечирањето базирано на GPS технологиите кое може да биде со зависен и независен оператор. При овој вид на диспечирање се користи Глобалниот систем за позиционирање на објекти (GPS) со цел просторно позиционирање и навигација на мобилните машини односно одредување на нивните координати во реално време.

Овој современ начин на управување со системот багер-дампер денес наоѓа се поголема примена на површинските копови. За пример ќе го наведеме Површинскиот коп за јаглен Jayant (Индија), каде со системот Dyna Mine се управува транспортирањето и товарењето на 30 милиони m^3 раскривка и 10 милиони t јаглен, на товарен систем составен од 15 багери со волумен на лопата од 8 до 12 m^3 , и транспортен систем составен од 80 дампера од кои 50 со носивост од 85 t и 30 со носивост од 120 t.

Во оваа докторска дисертација е обработен систем за диспечирање на мобилна рударската опрема базиран на GPS технологиите, а како студија на случај е анализиран рудникот за производство на бакарна руда “Бучим” – Радовиш.

2.ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА КОЈА ГО РАЗРАБОТУВА ПРОБЛЕМОТ НА УПРАВУВАЊЕТО НА МОБИЛНАТА МЕХАНИЗАЦИЈА ПРИМЕНЕТА ВО РУДНИЦИТЕ

Со проблемот на управувањето на системот багер-дампер, односно оптимизацијата на неговата работа се занимавале поголем број научници. Р. Боровиќ, [1] особено ги проучувал автоматските системи за дистрибуирање на камионите до товарните машини и истоварните места. Б. Колоња, [15] изработил оригинален симулационо-анимационен модел т.н. Dispeč за оптимизација на работата на товарно-транспортниот комплекс багер-дампер на површинските копови.

Од 1994 година, започнала примената на GPS технологиите најпрвин за позиционирање на рударската механизација а подоцна и за диспечирање на истата. Овде се цитирани некои од научниците кои се бавеле со научни истражувања поврзани со овој проблем.

Е. Wusaty и L. Paulhus, [8] ја истражувале примената на GPS технологијата за управување со рударска механизација во рудниците во Британска Колумбија, а сопственост на компанијата Fording Coal Limited. Во своите научни трудови тие предложиле и концепт за целосно управување со рудничкиот комплекс базиран на GPS технологиите.

С. Вујук, [2, 4], во своите научни трудови и монографии публикува научни резултати од истражувањата за примената на GPS при позиционирањето и диспечирањето на мобилната рударска механизација на површинските копови, за експлоатација на металични и неметалични минерални сировини. Овие подсистеми тој ги разработува како сегмент од информационо-управувачките системи на рударските комплекси.

Kartikaya Verma, Amit Kr. Montu, V.K. Anand, [19] ги истражуваат можностите за примена на системите за диспечирање на камионскиот транспорт базирани на GPS во површинските копови за јаглен West Bokaro collieries, Индија.

Во Р.Македонија со проблемот на управување и водење на системот багер-дампер на површинските копови се бавел Б. Кепески, [13] во рамките на работата на научно-истражувачки проекти и индивидуални трудови. Ј. Живановиќ, [11] во својот магистерски труд предложил веројатносни решенија за управување со системот багер-дампер во Рудникот “Бучим”.

3.ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА НАУЧНОТО ИСТРАЖУВАЊЕ

Примената на информатичката технологија и автоматското управување со системите во рударската индустрија била многу бавна во минатото, во споредба со останатите индустриски гранки. Главните причини за тоа биле:

- високата цена на компјутерскиот хардвер;
- недостатокот од соодветна обука на рударските инженери за ефикасно користење на софтверот и хардверот и
- брзиот развој на компјутерската техника и автоматиката.

Меѓутоа, состојбата денес брзо се менува и повеќето рударски инженери поседуваат знаења од компјутерските јазици и оперативните системи. Менаџерите на рудниците ја согледаа потенцијалната корист од примената на информатичката технологија и автоматското управување, најмногу поради тоа што со нивната успешна примена рударските претпријатија не само што остануваат во производниот циклус туку стануваат конкурентни на глобалниот пазар.

Новосоздадените услови ја забрзаа примената на операционите истражувања за решавање на проблеми поврзани со транспортот на минералните сировини. Втора важна причина за брза примена на информатичката технологија и автоматското управување се и расположливите математички методи за решавање на сложени проблеми од оптимизација, доколку се земе дека цената на користење на сметачките машини значително падна во последните години.

Многу од компјутерските апликации применети во рударската индустрија се однесувале на геолошките моделирања на рудните наоѓалишта, проценката на геолошките рудни резерви, проектирањето на рудниците, изборот на опрема и планирањето на рудничкото производство. Специфичните услови на рударска експлоатација го одложувале користењето на информатичката технологија и автоматска контрола на рударската опрема.

Последниве години одредени светски рударски компании финансираа проекти за развој на компјутеризирани системи за мониторинг и контрола на рударската опрема. Посебно внимание било посветено на опремата и методите за оптимизација на производствените процеси во рударството. Сето ова довело до појава на компјутеризирани системи за диспечинг на системот багери-камиони на површинските копови, кои значително ја подобриле ефикасноста на експлоатацијата, а тоа довело до намалување на трошоците на експлоатација.

Историски гледано, постојат четири генерации на диспечерски системи кои можат да се идентифицираат во однос на фиксен (затворен) циклус на

работа на системот багер-камион. На сл. 3.1 прикажано е зголемувањето на производните капацитети во зависност од видот на диспечерскиот систем и релативните трошоци.

Мануелниот диспечерски систем во кој диспечер го следи статусот на опремата и ги распоредува камионите, значително го намалил времето на чекање на камионот на товарење, а со тоа и намалување на времетраењето на транспортниот циклус, што директно влијае на зголемувањето на производство во споредба со фиксниот циклус на работа на системот. Исто така, со помош на оваа контрола над системот е остварено и поголемо временско искористување на машините.

Со користење на персонални компјутери за следење на статусот на машините и примената на едноставни правила за дистрибуција на камионите остварено е поголемо намалување на времето за чекање на камионот. Таков систем на диспечинг е представен на сл. 3.1 како РС-систем.

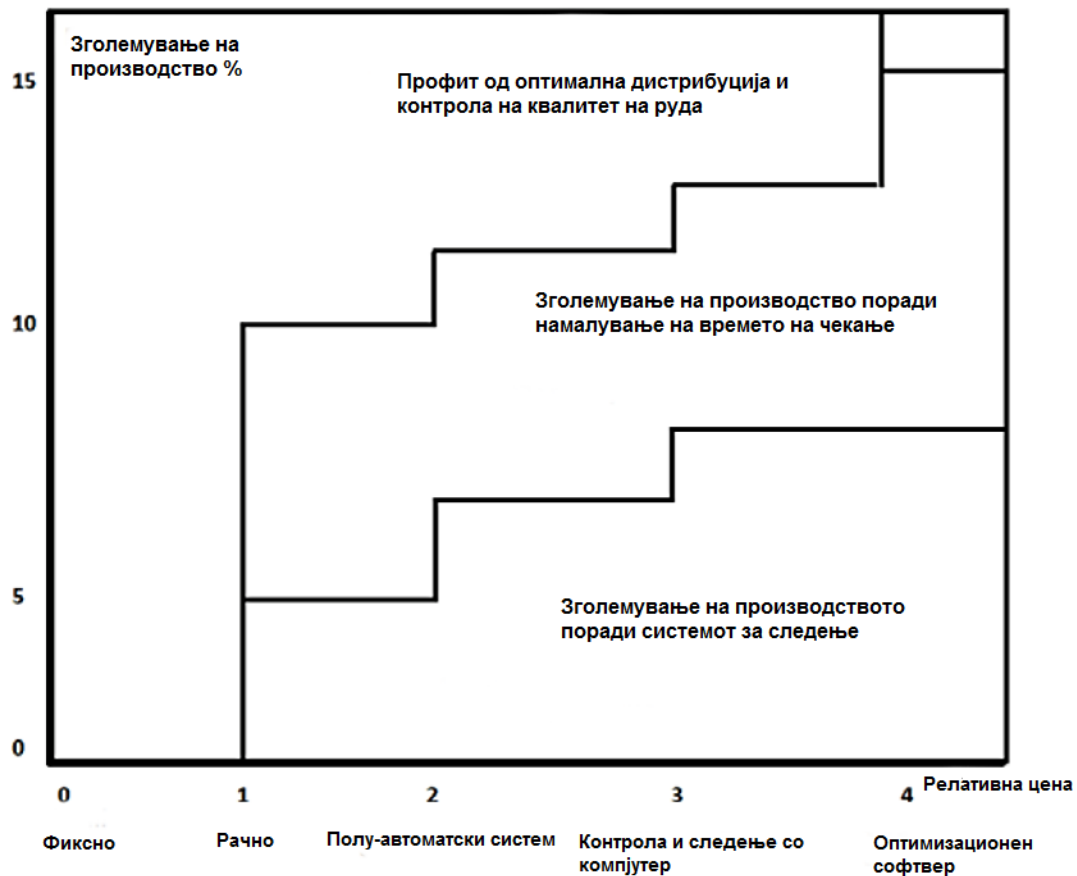
Појавата на интегрираните диспечерски системи за автоматско комуницирање со камионите и багерите довела до понатамошно зголемување на ефикасноста на производните системи преку поуспешна контрола на системот багер-дампер (систем бр. 3 на сл. 3.1).

Следната фаза во развојот на диспечинг системите е појавата на „оптимизациски софтвери“. Оптимизациските софтвери се базираат на комбинирани алгоритми, кои во прв чекор го дефинираат оперативниот план на производство на багерите, а во вториот чекор него го интегрираат со диспечерска процедура. Таквите системи даваат можности за ново зголемување на ефикасноста на системот багер-дампер низ понатамошно намалување на:

- времето на чекање на опремата;
- избегнување на непотребни возења на празни камиони и
- контрола на квалитетот на експлоатираната руда (систем бр.4 на сл. 3.1).

Овие автоматски диспечерски системи користат алгоритми кои реално ја подобруваат оптимизацијата на планот на производството и контролата на квалитетот на експлоатираната корисна минерална суровина со помош на линеарно програмирање (White,1989), нелинеарно програмирање (Elbrond и Soumis, 1987), и др. На сл. 3.1. на добар начин се илустрирани можните ефекти на различните видови на диспечерски системи на мобилната рударска механизација.

Во рамките на овие трендови се препознава се позначајното присуство и улогата на GPS системите за глобално позиционирање. Системот овозможува прецизни мерења на просторната позиција на секоја точка на Земјината површина, односно може да даде информации во реално време за навигација, следење и позиционирање на машините и опремата.



Слика 3.1 Пораст на производството во функција од видот на диспечерскиот систем [13]

Figure 3.1 Growth of the production in function of the type of call system [13]

Со воведувањето на GPS во рударството, се премости до неодамна големиот проблем за детерминација во реално време на позициите на машините и опремата на површинските копови, моменталната локација и динамиката на изведувањето на работите, прецизна навигација на машините, контрола на изведувањето на помошните работи, контрола на рецептурното одлагање, брзо и точно премерување на теренот, контрола на поместувањето на стационарната опрема и движењето на машините и слично.

Ефекти од примената на GPS системите се согледуваат во тоа што тие генерирајќи податоци во реално време за позицијата на машините, рути и динамиката на движење, оптоварувањето, времето на ефективна работа, времетраењето на поединечните работни фази (маневрирањето, товарењето, возењето на полн, возењето на празен, истоварењето), потрошувачката на гориво, за застоите, бројот на застои и режимот на ракување со машината, овозможува достигнување на повисоко ниво на следење и информирање за функционирање на реалниот произведен систем во рудниците.

Согледувајќи ги сите бенефити од примената на GPS технологијата воопшто, како и нејзината примена во површинските копови за експлоатација на

минерални суровини се наметна потребата од изработка на докторска дисертација на тема:

ОПТИМИЗАЦИЈА НА ДИСПЕЧЕРСКИ СИСТЕМ ЗА УПРАВУВАЊЕ НА МОБИЛНА РУДАРСКА ОПРЕМА СО ПРИМЕНА НА GPS ТЕХНОЛОГИИ

која освен научно значење ќе има и огромно практично значење за управување со мобилната рударска механизација во рудниците во Р.Македонија и пошироко.

4.ОПШТИ ПРИНЦИПИ НА СИСТЕМОТ ЗА ГЛОБАЛНО ПОЗИЦИОНИРАЊЕ (GPS)

4.1 Опис на системот за глобално позиционирање (GPS)

GPS (Global Positioning System), односно глобален позиционен систем, е сателитски радио-навигационен систем. Овозможува одредување на точна позиција, брзина и време на неограничен број на корисници во земјата кои поседуваат соодветна опрема. Најпознати глобални позициони системи се: американски NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging) и руски GLONASS (Global Navigation Satellite System).

GPS има три сегменти: еден космички и два Земјени, од кои едниот е контролен а другиот кориснички.

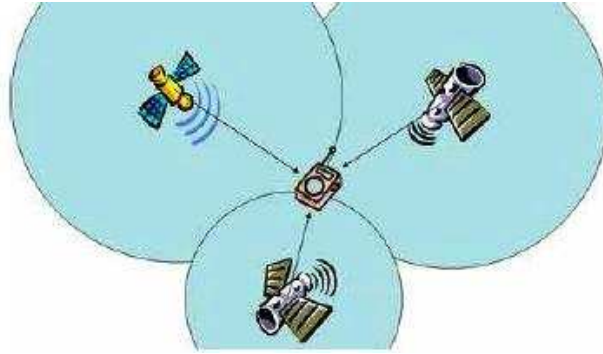
Космичкиот сегмент NAVSTAR, кој го контролира Министерството за одбрана на САД, го сочинуваат 24 сателити (21 активни и 3 резервни), кои се наоѓаат на висина од 20200 km над Земјата, распоредени во 6 орбитни нивоа.

GLONASS, кој го контролира Министерството за одбрана на Руската федерација, има 24 сателити, распоредени во 3 орбитни нивоа, 8 во секое ниво, на висина од 19100 km. Распоредот на сателитите и наклонот на нивните орбити спрема екваторијалното ниво обезбедува видливост од 5 до 8 сателити од секоја точка на земјата. Период на орбитата на GLONASS сателитот е 11 часови и 16 минути, а истиот пат го опишува на секои 8 дена.

Контролниот сегмент е составен од Земјени станици кои управуваат со сателитите и го следат нивното движење. Мерењето на сигналите од сателитите, овие станици го користат за пресметување на прецизни податоци за орбитите и корекција на атомскиот часовник за секој сателит. Овие корегирани податоци се емитуваат периодично преку GPS приемниците.

Корисничкиот сегмент е GPS приемник. Сателитите емитуваат радио-сигнали и служат како референтни точки за пресметување на точните позиции на приемниците кои овие сигнали ги примаат, прикажано на сл. 4.1. Мерењето на растојанието од сателитот може да ја одреди положбата на Земјата со точност од неколку десетина милиметри.

Имено, GPS сигналите се генерирани врз основа на привремена референца, кои прават исклучително прецизни атомски часовници, направени од цезиум и рубидиум. GPS приемникот врз основа на радио сигналите од сателитите извршува проценка на својата позиција, брзина и време. За пресметување на три просторни (географска должина, географска широчина, надморска височина), и една временска димензија потребни се сигнали од најмалку 3, односно барем 4 сателити.



Слика 4.1 Позиција на сателитите во однос на GPS приемникот
Figure 4.1 Position of satellites in terms of GPS receiver

Користењето на GPS системот е бесплатно. Со примена на современата микроелектроника, приемниците имаат помали димензии и пристапна цена. Примената на GPS е разновидна: лоцирање, навигација, следење, мапирање, прецизна синхронизација и истражување.

Најзастапената примена е во навигацијата (бродови, воздухопловство, автомобили, рударство). Се користи во служби за следење на движењето на автомобили (полиција, брза помош, противпожарна служба итн.), во просторно планирање, за мерење во геодезија, геологија, рударство и градежништво, спасувачки служби и слично.

Прецизно мерење на времето и фреквенцијата е нивна секундарна примена. Во истражувањата, GPS приемниците се користат за мерење на атмосферски и тектонски промени и промени во атмосферата, зголемувањето на нивото на морето, поместување на глечерите, тектонски поместувања итн.

GPS сервисот за позиционирање има сервис за прецизно позиционирање PPS (Precision Positioning Service), и сервис за стандардно позиционирање SPS (Standard Positioning Service). PPS може да го користат само корисници кои поседуваат криптографска опрема со соодветен клуч и посебен приемник. Тоа се членови на војската на САД и нивни сојузници, одредени агенции на владата на САД и исклучително некои цивилни корисници со посебно овластување од Владата на САД. Предвидена точност на овие уреди е 22 m хоризонтално, 27,7 m вертикално и 100 ns временски.

SPS може да го користат цивилни корисници ширум светот без посебни плаќања. Точноста на овој сервис е намерно влошена со воведувањето на т.н. селективен пристап SA (Selective Availability) од страна на Министерството за одбрана на САД. Предвидена точност на овие уреди е 100 m хоризонтално, 156 m вертикално и 340 ns временски.

4.1.1 Извор на грешки

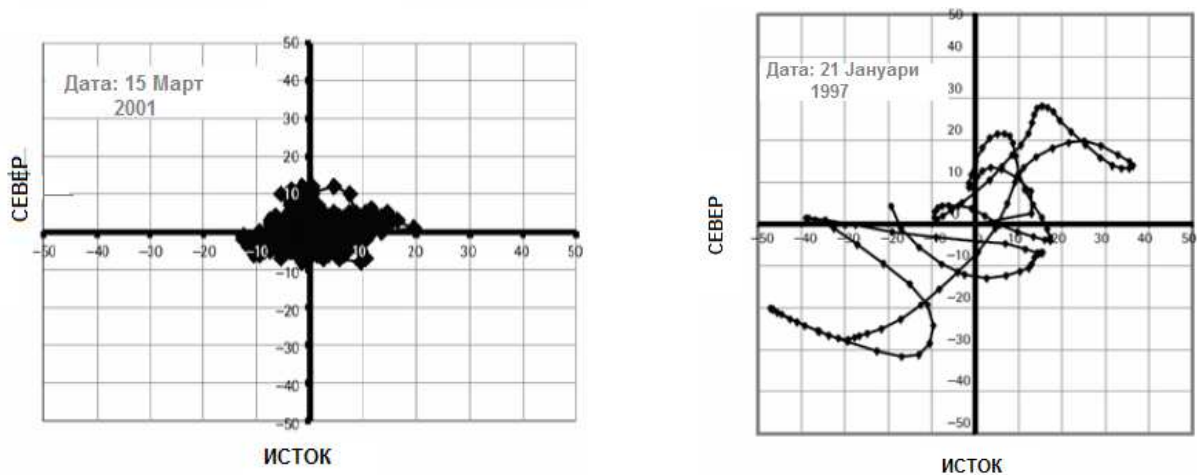
Изворите на грешки во мерењето можат да се поделат во четири групи:

- систем;
- атмосфера;
- околина;
- приемник.

Грешки кои потекнуваат од системот (сателитот)

Грешка во позицијата на сателитот (сл.4.2):

- Орбитите на сателитот (efemerid) се сметаат на секој час на основа на патувањето на сателитот во претходните четири часа;
- Типично, грешката на позицијата е од 2 до 5 m (максимално 50 m со вклучен SA);
- Може значително да се намали со користење на диференцијална корекција.



Слика 4.2 Грешки кои потекнуваат од системот (сателитот)
Figure 4.2 Errors that originate from the system (satellite)

Селективна пристапност (Selective Availability – SA):

- Намерно деградирање на GPS сигналот;
- Се внесува грешка во C/A код, од безбедносни причини;
- Грешката на мерење на позицијата при вклучен SA изнесувала и до 100 m;
- Може да се елиминира со користење на диференцијални корекции.
- Укината во 2000 година.

Грешки на часовникот:

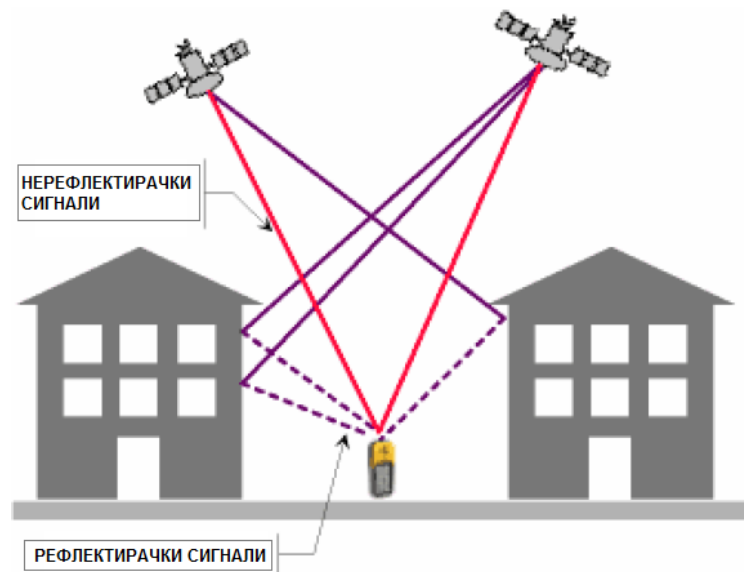
- Секој сателит има вградено четири атомски часовници, од кои 1 активен и 3 резервни;
- Грешката на овие часовници е од 8,64 до 17,28 ns, што одговара на растојание од 2,59 до 5,18 m;
- Поради големата брзина на движење на сателитот и слабото гравитационо поле, на работата на часовникот влијание имаат и релативистичките ефекти, поради кои грешката во мерењето на растојанието може да изнесува и до 38 μ s/ден што одговара на растојание над 11 km;
- Навигационата порака содржи информација за корекција на часовникот.

Грешки поради влијание на атмосферата

- Брзината на ширење на сигналот е помала низ атмосферата отколку низ вакуум;
- Јоносферата дополнително влијае на ширењето поради големата концентрација на наелектризирани честички. Доаѓа до дисперзија и рефракција на сигналот. Влијанието зависи од фреквенцијата;
- Грешката изнесува 5-15 m;
- Се намалува со користење на двофреквентни уреди, или емпириски модел на јоносфера;
- Покрај јоносферата влијание има и тропосферата, но не зависи од фреквенцијата.

Грешки поради условите на мерење (околина)

- Multipath (повеќе рефлексии на сигналот): приемникот го регистрира и делот од сигналот кој не доаѓа до него праволиниски. Внесува грешка од 5 cm до неколку метри (сл.4.3);
- EMI (Electro Magnetic Interference): електромагнетни пречки, ги емитуваат електричните уреди (мотори, трансформатори);
- Вегетација: може да дојде до деградација на сигналот во услови на густа вегетација.

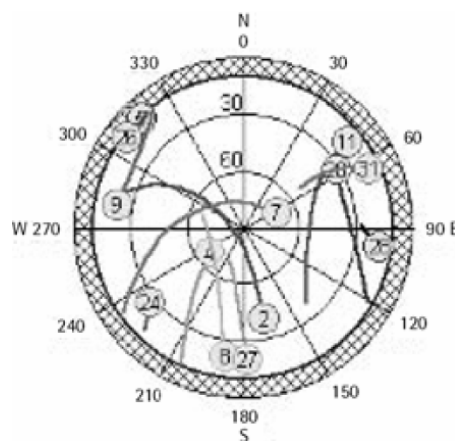


Слика 4.3 Multipath (повеќе рефлексии на сигналот)
 Figure 4.3 Multipath (several reflections of the signal)

Грешки во приемникот

Грешки кои настанале при работа на приемникот (сл.4.4):

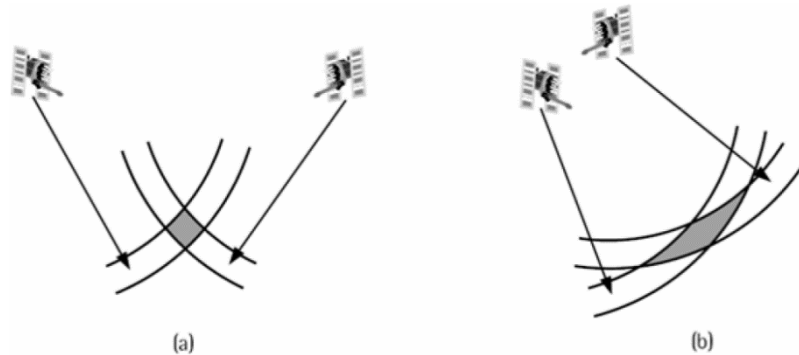
- Часовник-кварцен осцилатор, пресметана корекција;
- Нумеричко сметање-поради работата со конечен сет на броеви;
- Доцнење во електронските компоненти-реални карактеристики на електронските кола;
- Варијација на фазниот центар на антената.



Слика 4.4 Грешки во приемникот
 Figure 4.4 Errors in the receiver

4.1.2 Геометрија на сателитите

- DOP (Dilution Of Precision): намалување на прецизноста поради просторниот распоред на сателитите. Колку сателитите се на помало меѓусебно растојание DOP-от е поголем (сл.4.5).



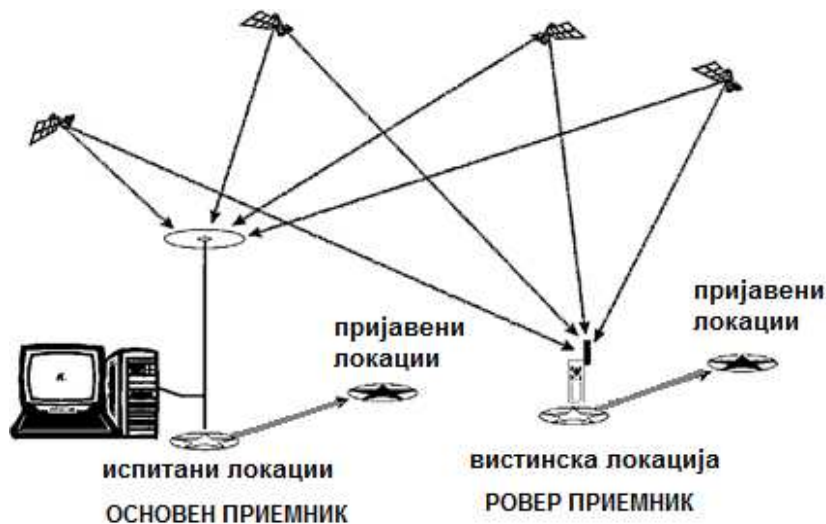
Слика 4.5 Геометрија на сателитите
Figure 4.5 Satellite geometry

- PDOP (Position Dilution Of Precision): неименуван број кој го опишува влијанието на положбата на сателитот од точноста на позицијата. Колку PDOP-от е помал, позицијата е одредена со поголема точност.
 - HDOP (Horizontal Dilution Of Precision), хоризонтално намалување на прецизноста;
 - VDOP (Vertical Dilution Of Precision), вертикално намалување на прецизноста;
 - TDOP (Time Dilution Of Precision), временско намалување на прецизноста;
 - GDOP (Geometric Dilution Of Precision), геометриско намалување на прецизноста;
- Проблемот се надминува со планирани мерења (Mission Planning).

4.1.3 Диференцијална корекција

- Растојанието од сателитот до приемникот измерено со помош на кодот-псевдорастојание (pseudorange);
- Одредување на позиција само со помош на сателит- автономно мерење;
- Максимална прецизност на автономното мерење е редот на метри;
- За одредени примени, потребна е поголема прецизност;
- Ако два GPS приемника, следат исти сателити и се наоѓаат на одредено растојание, грешките во мерењето се многу слични;

- Ако е позната точната позиција на едниот приемник, може да се одреди отстапувањето на мерењето од неговата позиција;
- Со примена на пресметаното отстапување на координатите на другиот приемник, се зголемува точноста на мерната позиција;
- Пресметаното отстапување се нарекува диференцијална корекција (сл.4.6);
- Начинот на мерење се нарекува релативно позиционирање;
- Приемникот чија што позиција е позната е неподвижен и се нарекува база или референтна станица;
- Приемникот чија што точна позиција не е позната, може да се движи и се нарекува ровер или мерна точка;
- Замислената линија која ги спојува базата и роверот се нарекува базна линија;
- Се користат фазни мерења.



Слика 4.6 Диференцијална корекција
Figure 4.6 Differential correction

Превземање на диференцијални корекции:

Во реално време со користење на различни комуникациони канали:

- Радио-модем;
- GSM;
- GPRS.

Дополнителна обработка (Post-processing): диференцијалните корекции се применуваат по снимањето на теренот. Податоците кои ќе се применат (податоците од базата), мора да бидат собрани во ист временски интервал со податоците од теренот.

Извор на диференцијална корекција

- Друг GPS приемник поставен на точка со познати координати на теренот.
- Системи за зголемување на точноста (Augmentation systems):
 - o WAAS (Wide Area Augumented System): развиен за потребите на цивилното воздухопловство во САД. Ги дистрибуира податоците преку сателит.
 - o LAAS (Local Area Augumented System): развиен за потребите за управување за слетување на авионите. Дистрибуира податоци преку радио врска.
 - o EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service): развиен во Европа поради зголемување на прецизноста на GPS-от. Ги дистрибуира податоците преку геостационарни сателити.
- Мрежа на перманентни станици: има локален (државен) карактер. Овозможува висока прецизност во мерењето.

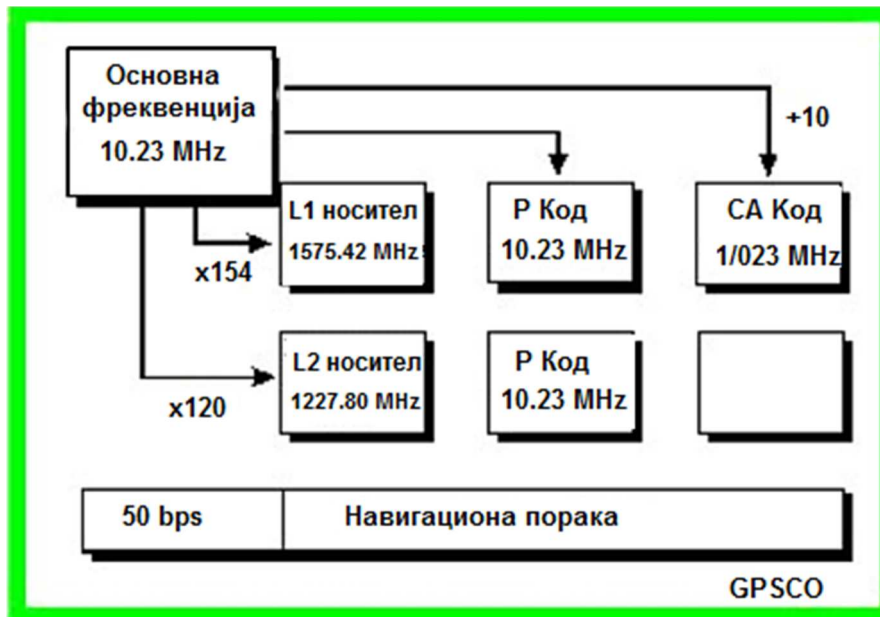
Грешките во позиционирањето се последица на шумот, отстапувањата и грубите грешки. Звучните грешки настануваат со комбинација на шумот од околината и термичкиот шум, ефектот на 1 m и шумот внатре во приемникот околу 1 m. Отстапувања настануваат поради селективна достапност (намерно расипување на GPS сигналот), грешка во часовници, влијанијата на јоносферата и тропосферата, повеќекратни рефлексии на сигналот и геометриски распоред на сателитите. Грубите грешки се предизвикани од човекот, како што се примена на несоодветна географска зона, хардверски или софтверски грешки на приемникот.

4.1.4 GPS сигнал

Сигналот кој што се емитува од сателит се состои од три компоненти: носители, PRN кодови и навигациони пораки (сл.4.7).

Носител (Carrier)

- Основниот такт е синусен сигнал $f_0=10,23$ MHz. Генериран е од Цезиумски и Рубидиумски резонатори. Носителите се постпериодични синусни сигнали кои се емитуваат на две фреквенции кои се дадени подолу:
 - o $L_1=1575.42$ MHz, се нарекува и L_1 Band. Се добива со множење на основната фреквенција со 154 ($f_0 \cdot 154$). Брановата должина изнесува приближно 19 cm.
 - o $L_2=1227.6$ MHz, се нарекува и L_2 Band. Се добива со множење на основната фреквенција со 120 ($f_0 \cdot 120$). Брановата должина изнесува приближно 24,4 cm.



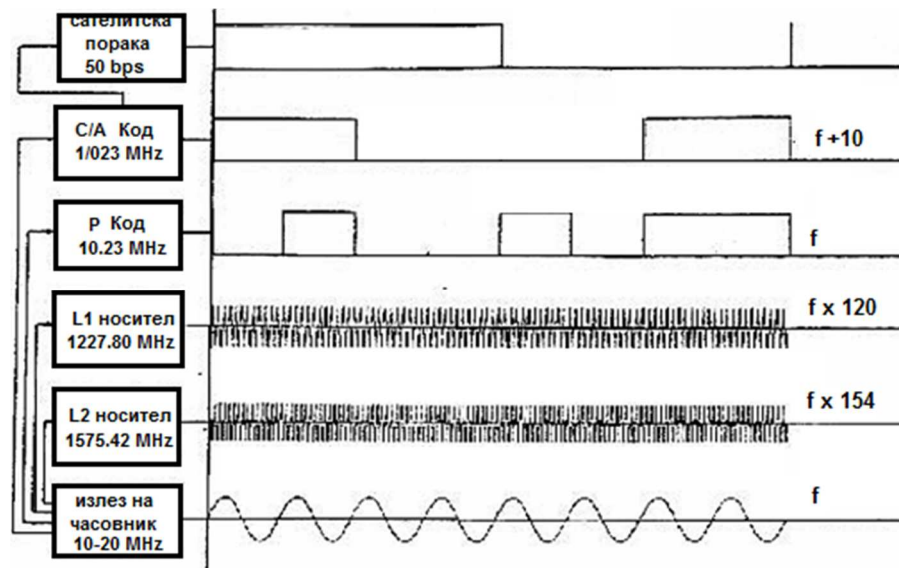
Слика 4.7 Компоненти на сигналот
Figure 4.7 Components of the signal

PRN кодови

- PRN (Pseudo-Random Noise) кодови на псевдо-случаен шум: Кодовите се детерминистички сигнали, генерирани со одредени алгоритми.
 - C/A (Coarse/Acquisition) основен/достапен код: достапен е на сите корисници. Се модулира со навигациона порака и се емитува само на фреквенции L_1 .
 - P (Precise) прецизен код: енкриптиран е и достапен само на војската на САД. Се моделира со навигациона порака и се емитува на две фреквенции.

Навигациона порака

- Навигациона порака се генерира на такт од 50 bps, се емитува на обете фреквенции. Таа содржи податоци за орбитата (ephemeris), корекција на часовникот, статус на системот и моделот на јоносферата.



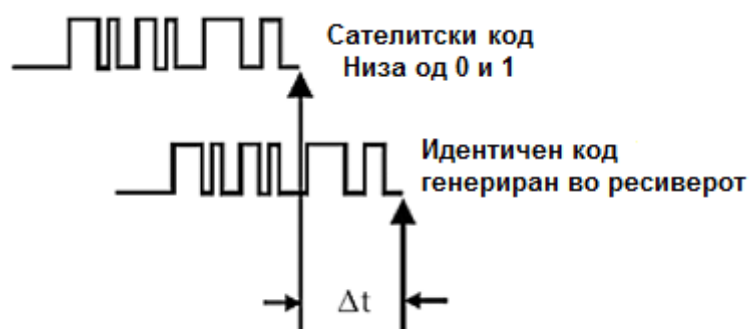
Слика 4.8 Компоненти на GPS сигналот
Figure 4.8 Components of the GPS signal

4.1.5 Кодно и фазно мерење

Мерењето се сведува на одредување на времето кое е потребно сигналот да го помине патот од сателитот до приемникот. Во зависност од тоа кој дел на GPS сигналот се користи за одредување на времето, се разликуваат два типови на мерења:

- Кодно мерење, каде се користат кодови (C/A или P);
- Фазно мерење, каде се користи носител.

Со множење на добиеното време со брзината на ширење на сигналот (брзина на светлината), се добива растојанието од сателитот до приемникот. Вака одреденото растојание се нарекува псевдо-растојание. Приемникот генерира иста кодна секвенца како и сателитот. Со споредување на овие две секвенци се одредува времето кое било потребно сигналот да стигне од сателитот до приемникот (сл.4.9).



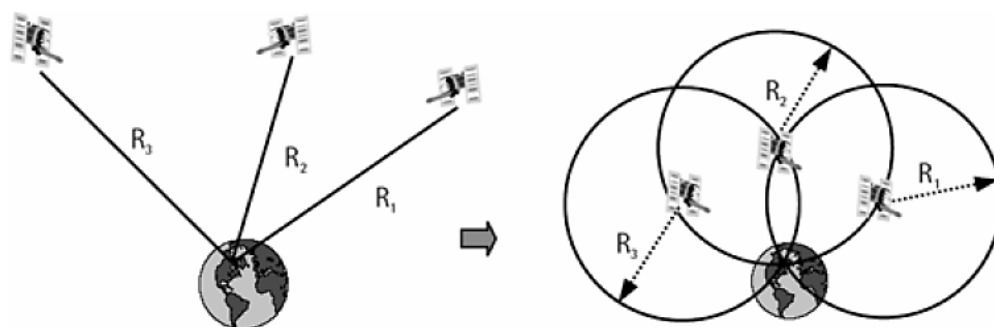
Слика 4.9 Кодно и фазно мерење
Figure 4.9 Code and phase measurement

Методот со кој се врши споредување се нарекува автокорелација. И покрај постоењето на мали разлики во ширината на импулсот, грешката при кодното мерење може да изнесува и 300 m. Кодното мерење се користи за навигација, следење на објектот и помалку прецизни мерења, за попрецизни мерења (во геодезија, геологија, итн) мора да се користи фазното мерење.

Причина за прецизност на фазното мерење е малата бранова должина на носителот (19 cm и 24,4 cm), се јавува проблем на неодреденост (ambiguity)-утврдување колку периоди, носители се примени. Да се реши неодреденоста потребно е мерењето да се врши со два приемника истовремено. При фазното мерење, прво, со помош на код се одредува приближната вредност, а потоа се одредува бројот на примени периоди и фазата на носителот.

4.1.6 Трилатерација

Одредувањето на позициите на точките во тродимензионалниот простор се врши со трилатерацијата. Точката се наоѓа во пресекот на најмалку три сфери, чии што полупречници претставуваат измерени растојанија од приемникот до сателитот (сл.4.10).



Слика 4.10 Одредувањето на позициите на точките во тродимензионалниот простор

Figure 4.10 The determination of the points of the position in three-dimensional space

4.1.7 Пресметка на позиции

R_i – растојание од приемникот до i -тиот сателит (познато):

- x_i, y_i, z_i - координати на сателитот (познато);
- X, Y, Z - координати на приемникот (непознато);
- $i=1..3$.

$$R_i = \sqrt{(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2 + (z_i - Z)^2}$$

По квадрирање на изразот, добиваме:

$$R_i^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 + x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 - 2Xx_i - 2Yy_i - 2Zz_i$$

r - полупречник на Земјата.

Со средување на изразот, добиваме:

$$R_i^2 - (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2) - r^2 = -2Xx_i - 2Yy_i - 2Zz_i$$

Се формира систем на равенки:

$$R_1^2 - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) - r^2 = -2Xx_1 - 2Yy_1 - 2Zz_1$$

$$R_2^2 - (x_2^2 + y_2^2 + z_2^2) - r^2 = -2Xx_2 - 2Yy_2 - 2Zz_2$$

$$R_3^2 - (x_3^2 + y_3^2 + z_3^2) - r^2 = -2Xx_3 - 2Yy_3 - 2Zz_3$$

Матричен облик:

$$\begin{bmatrix} R_1^2 - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) - r^2 \\ R_2^2 - (x_2^2 + y_2^2 + z_2^2) - r^2 \\ R_3^2 - (x_3^2 + y_3^2 + z_3^2) - r^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2x_1 & -2y_1 & -2z_1 \\ -2x_2 & -2y_2 & -2z_2 \\ -2x_3 & -2y_3 & -2z_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

$$R = M \cdot U$$

$$M^{-1}R = M^{-1}MU \Rightarrow$$

Решение на системот:

$$U = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = M^{-1}R$$

Моделот користи неколку апроксимации со кои не е возможно негово користење во пракса:

- Земјиниот полупречник не е константен затоа што Земјата има облик на елипсоид, а не топка;
- Координатите на сателитот мораат да бидат познати во моментот на прием на сигналот;
- Брзината на ширење на сигналот не е константна;
- Занемарени се релативистичките ефекти;
- Занемарено е влијанието на шумот.

4.2 Примена на системот за глобално позиционирање (GPS) во рударската индустрија

На примената на GPS сателитска опрема за управување и следење на камионскиот транспорт најмногу работела американската компанија Caterpillar. Таа го произвела т.н. интелигентен дампер CAT 777C, со носивост 218 t.

Од 1994 година на пазарот комерцијално е достапна комплетна GPS сателитска опрема, која е од суштинско значење за истражување и развој на идеите за „интелегентните“ дамperi. Годишната 1996 се зема како историски важна или клучна година, бидејќи дамперите за прв пат самостално функционираат во производниот процес во рудникот.

Дамперите на површинскиот коп “Cat's Tinaja Hills”, во текот на демонстрацијата на работата, успешно и безбедно превезле 5.000 t миниран варовник на дестинација од 4,2 km.

Во продолжение на текстот е анализирана примената на GPS системите за управување со рударските производни системи во следниве рудници:

- Површински коп за глина “Мајдан III”, Потисје - Кањижа, како сегмент од Информационо-управувачкиот систем на претпријатието, и
- Површински коп за бакар “Бучим” – Радовиш, како Студија на случај.

Една од најсовремените апликации на GPS технологијата во рударството која се повеќе се применува во денешно време покрај апликацијата за диспечирање на мобилна рударска опрема е примената на беспилотни летала за геодетски снимања на непристапни терени.

4.2.1 Примена на диспечерски систем за управување со континуирана технологија на експлоатација во површински коп за глина “Мајдан III”, Потисје - Кањижа

Настојувајќи да ја подобрат конкурентноста, квалитетот на производството, стопанисувањето да биде поефикасно и пооперативно, раководниот тим на компанијата за производство на глинени производи Потисје-Кањижа, Р.Србија во 1997 година донел одлука, за унапредување на информационо-управувачкиот сектор во компанијата со воведување на интегриран, компјутерски подржан производно, деловен, информационо-управувачки систем.

Од оваа одлука произлегле два проекта. Едниот проект требало да биде решение за обединување на IUS на компанијата, а другиот решение за далечинскиот надзор и управувањето со БТО комплексот на површинскиот коп Мајдан III, кој бил пред изградба. Во продолжение е прикажано второто решение каде е применет GPS систем.

Табела 4.2.1 Структура на опремата и машините во ПК “Мајдан III” [3]
Table 4.2.1 The structure of the equipment and machinery in PK “Majdan III” [3]

Технолошка подгрупа Technological subgroup	Технолошка фаза Technological phase	Машини / опрема Machines / Equipment
Откопување, транспорт и одлагање на глината	Откопување и транспорт на жолта глина	Багер ведричар БК IV
		Багер ведричар БК IV
		Катен транспортер со гумена трака ЕТ-1
	Откопување и транспорт на сина глина	Багер ведричар БК V
		Багер ведричар БК V
		Катен транспортер с огумена трака ЕТ-2
	Транспорт на жолта и сина глина	Стационарен транспортер со гумена трака СТ-1
		Стационарен транспортер со гумена трака СТ-2
		Стационарен транспортер со гумена трака СТ-3
	Одлагалиште на равна глина	Одложен транспортер ОТ
		Конзолен одлагач ДМО 800
		Булдожер
		Утоварувач
	Помошни работи	Дампер
		Хидрауличен багер
Цевкополагач		
Одводнување	Утоварувач	
	Булдожер	
Напојување со електрична енергија	Потопна пумпа за тиња	
	Повеќе напојни ТС	

Потисје-Кањижа (ПК) е еден од поголемите производители на материјали за покриви, блокови за преградни ѕидови, носечки блокови, носечки елементи и елементи за меѓукатна конструкција.

Годишното производство на глина за производство на овие производи изнесува 400.000 t. Површинскиот коп Мајдан III, кои ги снабдува погоните на Потисје со глина е отворен 1996 година.



Слика 4.11 Потисје Кањижа, ПК “МајданIII”, [3]
Figure 4.11 Potisje Kanjiza, PK “Majdan III” [3]

Заради воспоставување на ефикасна далечинска контрола за управување со БТО комплексот, вграден е компјутерски надзорно – управувачки систем со GPS телеметрија. Тоа е првиот површински коп за глина во светот во кој е вградена ваква телеметрија.

Карактеристики на БТО комплексот

БТО комплексот на површинскиот коп “Мајдан III” е вообичаен континуиран технолошки систем со следнава структурата на машините: багери ведричари-транспортери со лента-одлагач.

На површинскиот коп Мајдан III одвоено се откопува сина и жолта глина, сина глина во зафатот помеѓу $k+71.00$ m и $k+67.00$ m, а жолтата помеѓу $k+81.00$ m и $k+71.00$ m. Должината на фронтот за откопување била 650 m, а денес е 1000 m.

За транспорт се користат 6 транспортери, со ширина на лентата 800 mm, брзина 2.0 m/s и вкупна должина од 2800 m. Етажните транспортери (ЕТ-1 и ЕТ-2) се нестационарни, а транспортерите СТ-1, СТ-2, СТ-3 и ОТ се стационарни.

Сателитски систем за позиционирање и навигација на опремата

Површинскиот коп “Мајдан III” е прв површински коп на глина во светот на кој е воведена сателитската GPS телеметрија. Постојат две намени на сателитскиот систем за позиционирање во “Мајдан III”, една е следење на позицијата и навигација на мобилните машини и опрема во реално време, а другата е геодетски премер во реално или проширено време. Конфигурацијата на GPS сегментот во IUP ПК “Мајдан III” ги има следните функции:

- Геодетски премер на површинскиот коп, депонијата на ровни сировини и следење на состојбата и промените на теренот, мерење на ископ, картирање, нивелирање, утврдување на положбата на објект и сл;
- Позиционирање и премер на површините при изведување на рекултивација;
- Позиционирање и трасирање на сообраќајници, рампи за премин, цевководи, канали, електрични водови и др.;
- Следење на динамиката на експлоатацијата;
- Мониторинг на косината на ископот;
- Позиционирање на етажните транспортери при поместувањето;
- Следење на позицијата на багерот и одлагачот;
- Позиционо наведување на багерот и одлагачот;
- Поддршка при селективното откупување и одлагање на глината;

GPS сегментот на IUP го сочинуваат базна GPS станица за корекција на мерењата на GPS станиците во полето, и пет робусни GPS станици за одредување на позицијата на машините, на багерите ведричари четири и на одлагачот една.

Аntenата на базната GPS станица е поставена на столбот на кровот на управно-работилничкиот објект (сл. 4.12). Позицијата на антената овозможува несметан прием на сигналите од постојано видливи шест до седум сателити.



Слика 4.12 ПК Мајдан III, детали од GPS сегмент [3]
Figure 4.12 PK Maydan III, details of GPS segment [3]

Координатите на позицијата на антената се геодетски одредени со државниот координатен систем, со основна разлика на конкретните и изменетите координати каде што се пресметува грешка, односно диференцијална корекција за поправка на мерењето на GPS приемникот во машините.

Диференцијалните корекции се пренесуваат од IBUS мрежата до GPS станицата поврзани се преку PLC компјутерски машини, на основа на тоа која станица ги корегира своите мерења. GPS станиците имаат точност помала или еднаква на 5 m, а со диференцијалната корекција точноста се зголемува на ≤ 1 m. Со помош на ова решение се постигнати две цели, едната е пониска цена на GPS сегментот, а другата е исклучителна точност на системот.

Диспечерот во секој момент на екранот во работната станица ја следи позицијата на машината на копот. Сите податоци се меморираат трајно, секако и со можност за реконструкција на позицијата и репродукција при преместување на машините во дадениот период. На располагање се и аналитички функции кои се користат за споредбен преглед на позицијата и движењето во зададен период.

Со континуирано следење на положбата на етажните транспортери, багерите ведричари и одлагачот, со анализа на регистрираната позиција во однос на зададени репери за динамиката на напредување на работите, овозможено е ефикасно управување со производството и идентификација на евентуални празни одови.

Во текот на откопувањето на глината, благодарение на информациите за позицијата на багерите и моделите за одредување на промената на квалитетот на глината во наоѓалиштето, со далечинско управување може да се усклади производството на етажите, за хомогенизација или добивање на рецептурна смеса од глина за соодветни производи.

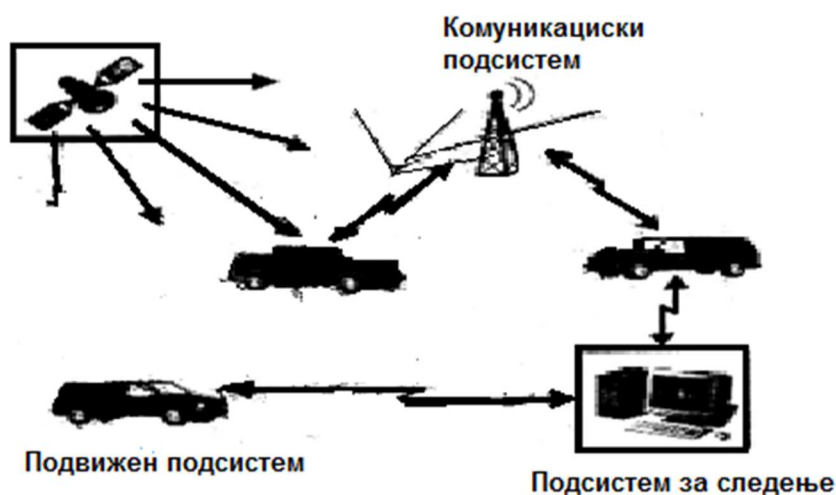
На површинскиот коп за глина “Мајдан III” за позиционирање и навигација на мобилната рударска опрема е применет системот PAUK-Bagis, кој ќе биде подетално опишан во продолжение на текстот од овој докторски труд.

Систем PAUK- Bagis

Институтот Михајло Пупин од Белград, Р.Србија, од 1998 година се занимавал со истражување и развивање на систем кој се базирал на GPS технологијата. Бил разработен систем PAUK, (сл.4.13), кој претставува позиционирање, автоматика, управување и контрола на мобилни објекти. Идејата на овој проект била со употреба на современите комуникациони и

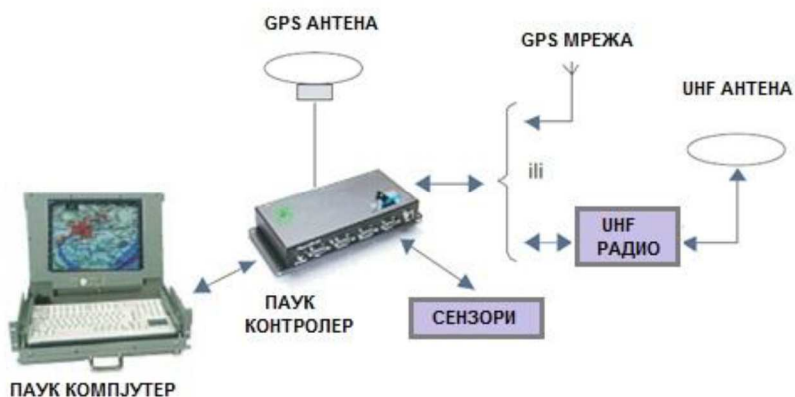
информациони технологии да се обезбеди една моќна алатка за управување со возните паркови за различни намени.

Системот PAUK е централизиран компјутерски систем за автоматска контрола и управување со возни паркови во реално време. Системот PAUK се базира на GPS технологиите, обезбедува во реално време одредување на позициите на сите возила од возниот парк на транспортната мрежа. Во диспечерскиот центар овозможено е визуелно следење на возилата на одредена територија и донесување на квалитетни диспечерски одлуки во реално време.



Слика 4.13 Систем PAUK
Figure 4.13 PAUK system

Мобилниот подсистем го опфаќа множеството на сите мобилни PAUK уреди, кои се наоѓаат во возилата. Комуникациониот подсистем е множество на врски, кои ја обезбедуваат комплетната комуникација во рамките на системот PAUK. Управувачкиот подсистем е центар на системот, каде се прибираат сите информации и се управува со целокупниот систем.



Слика 4.14 Опрема во мобилна машина
Figure 4:14 Equipment in mobile machine

Во центарот на системот е овозможено следење на работата на сите возила од возниот парк. Софтверската подршка на PAUK системот во центарот се базира на GIS технологијата и овозможува во центарот на системот да се види моменталниот распоред и движењето на возилата на транспортната мрежа. GIS алатките овозможуваат приказ на дигиталната географска подлога на територијата, на која се движат возилата на корисникот.

Неговата примена е реализирана за следење на мобилни објекти во различни деловни системи, како на пример во компанијата Потисје односно површинскиот коп “Мајдан III” од Кањижа, и овде тој се нарекува BAGIS.

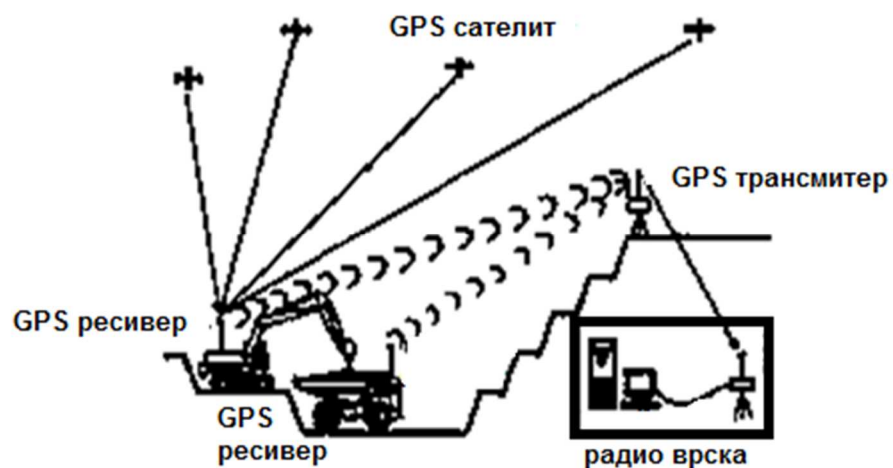


Слика 4.15 Опрема во диспечерскиот центар
Figure 4.15 Equipment at the dispatch center

Овој систем овозможува следење на мобилните објекти-машини на БТО комплексот, на површинскиот коп “Мајдан III” во Кањижа. БТО комплексот опфаќа систем на багери, лентести транспортери и одлагач, кои ја ископуваат и носат глината до одредените места за преработка и производство. Четири багери и еден одлагач се опремени со мобилни уреди PAUK, така што во диспечерската станица континуирано се следи нивната работа. Освен што се следи нивната работа, со помош на сензори се определува и дали машината работи и на кој тип на глина работи (сина или жолта) и истите се пренесуваат како податок во диспечерската станица. Елементите на системот PAUK се представени на сл.4.14 и сл.4.15.

5. СИСТЕМ ЗА ДИСПЕЧИРАЊЕ НА МЕХАНИЗАЦИЈА ЗА ДИСКОНТИНУИРАНА ТЕХНОЛОГИЈА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА БАЗИРАН НА GPS

Една од најважните функции на еден општ систем за контрола и управување на мобилна рударска опрема е мониторингот на просторното позиционирање на мобилните машини ангажирани на површинските копови во реално време, сл. 5.1.



Слика 5.1 Шема за примена на GPS системот за просторно позиционирање на мобилна рударска опрема на површински коп
Figure 5.1 Scheme for the application of GPS system for spatial positioning of mobile mining equipment in surface mining

GPS приемници и GPS предаватели (антени) можат да бидат едноставно монтирани на мобилната опрема.

Со посредство на GPS опремата, позицијата на машините на теренот може да биде означена (координати x , y , z). Мерењата можат да бидат извршувани константно или на многу кратки интервали. Во комбинација со репетитор еден GPS може да покрие зона во радиус од 10 km, во која се предвидуваат просторните граници на експлоатационото поле на површинскиот коп. Се нуди голема флексибилност во мониторирањето на просторните промени на мобилна опрема (камионите).

Применета на GPS дозволува голема мобилност на снимања, доволна точност и надежност при снимањето, редукција на трошоците споредени со класичните геодетски мерења, и намалување на времето од моментот на мерењето до добивањето на конечните резултати. Взаемното дејствување на GPS ресиверот и компјутерската опрема нуди можност за голем број на пресметки. Ова им дава можност на инженерите да вршат одредени предвидувања – прогнози.

Еден општ систем за диспечирање на мобилна рударска опрема со примена на GPS технологија се состои од следниве подсистеми:

- управувачки подсистем,
- комуникациски подсистем и
- мобилен подсистем.

Управувачкиот подсистем е центар на системот, каде се прибираат сите податоци и информации и се управува со системот и работата на мобилната рударска опрема. Центарот е опремен со комуникационен хардвер за прием на податоците (PC комуникационен сервер, GPS картичка со антена, модем, радиостаница, диспечерски PC терминали) и програмска подршка која обезбедува чување, обработка и презентација на податоците според потребите на корисникот и генерирање на управувачки информации. Во центарот постојат повеќе работни места-диспечери кои ја следат работата на опремата на копот и работата на системот.

Комуникацискиот подсистем представува систем на врски, кој обезбедува комуникација во системот за диспечирање на опремата на површинскиот коп. Мобилниот подсистем ги опфаќа подсистемите на мобилните уреди во дамперите и багерите, кои примаат сигнали од сателитите и остваруваат комуникации преку комуникацискиот подсистем со диспечерскиот центар.

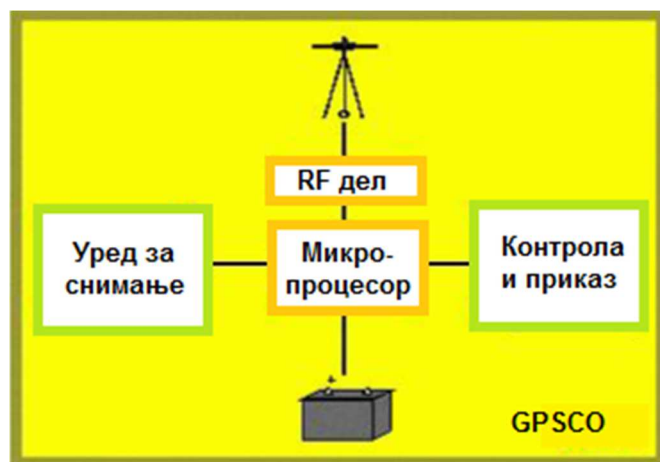
Мобилните уреди во мобилната опрема на копот се состојат од елементи кои обезбедуваат прием на сигналите од сателитот за позицијата на машините, прибирање на податоци од сензорите во машините, формирање на порака, која се проследува до диспечерскиот центар и прием на управувачките пораки од диспечерскиот центар. Мобилниот уред во машината (багер или дампер) се состои од следните елементи:

- дисплеј, на кој се прикажуваат пораките од диспечерскиот центар,
- команден пулт, преку кој операторот на машината комуницира со диспечерскиот центар,
- сензори за мерење на одредени параметри на машината (маса на товар, ниво на гориво во резервоар и др.),
- GPS контролер,
- GPS картица со антена,
- Модем,
- Радио-станица и
- PC Lap-top, по потреба.

5.1 Хардверски дел на системот за диспечирање

Хардверски дел на системот за диспечирање го сочинуваат:

- Антена;
- Предзасилувачки степен;
- RF степен;
- Процесор;
- Интерфејс;
- Уреди за чување на податоци;
- Напојување.



Слика 5.2 Антена и предзасилувач
Figure 5.2 Antenna and preamp

GPS антена и предзасилувачки степен

Улога на антената е да филтрира, засилува и да ги претвара влезните сигнали во електрични импулси, кои потоа ќе бидат обработени во RF единици.

Карактеристики на GPS антена:

- Способност за собирање и разликување на многу слаби сигнали;
- Работа на една или две преносни фреквенции;

Типови на антена:

- Микротраки (microstrip, patch);
- Спирални калеми;
- Рамнински прстени.

Функции на пред засилувачкиот степен се: засилување на сигналот од антената, филтрирање на сигналот и конверзија на фреквенцијата.

Интерфејс

Влезни модули:

- Тастатура;
- Екрански копчиња (touch screen).

Излезни модули:

- Екран;

Комуникациски порти:

- Сериски (RS 232);
- USB;
- Bluetooth.

Складирање на податоците

Постојани медиуми:

- Дискови и касети;
- Solid-state RAM;
- Мемориски картици.

Напојување

Извори на еднонасочна струја:

- Интерни-акумулатори (NiCd, NiMH, Lilon...);
- Екстерни-акумулатори, надворешна батерија.

Типови на GPS приемник

Поделба на приемниците според искористените сигнали:

- Еднофреквентни кодни приемници;
- “Carrier smoothed” еднофреквентни кодни приемници;
- Двофреквентни приемници.

Поделба на приемниците според начинот на користење:

- Рачни (hand-held);
- Геодетски (се монтираат на различни типови на држачи);

5.2 Софтверски дел на системот за диспечирање

Најчесто за работа се користи софтвер, претходно прилагоден за потребите од страна на клиентите и најчесто според типот на употребата на GPS во одредениот тип на работната средина. Од софтверска гледна точка тој може да работи и како сервер.

Секое стартирање на програмата таа работи во различни процеси на оперативниот систем. Оперативниот систем е специјализиран за повеќе клиентска и повеќе процесорска работа. Се подразбира дека оперативниот систем е повеќе процесорски. Се користи SCO Open Server, верзија на оперативниот систем UNIX, а по можност и на други платформи.

Пример корисничкиот софтверски систем може да има три слоја: серверски, контролни и слој за обработка на податоци. На ниво на серверот се инсталирани: GTrack програма за комуникација со GPS уредите, серверскиот оперативен систем Windows Server 2003 I SQL Server 2000. На нивото на контролниот центар инсталиран е GTrack клиентски програм под оперативен систем Windows, и програмски системи за обработка и интерпретација на податоците во AutoCAD, Microsoft Excel, Origin Lab, Origin Pro и други.

6. СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ: РУДНИК ЗА БАКАР “БУЧИМ”

6. 1 Општи податоци за рудникот за производство на бакар “Бучим”

Врз основа на утврдените рудни резерви на бакар, Советот на Општина Радовиш во април 1972 год. издал решение за регистрирање на претпријатие за производство и преработка на бакар, со име Бучим. Во ноември 1976 год. се поставени темелите на рудникот, а за неполни три години рудникот започнал со активна работа.

Во 1988 год. се произведени и првите количества на злато. Во период од десет години рудникот произвел 32.3 милиони t бакарна руда и 55.7 милиони t откривка. Преработени се 31.8 милиони t руда, од која е добиено 383000 t бакарен концентрат, со чија преработка се добиени: 67500 t бакар, 6500 kg злато и 6300 kg сребро.



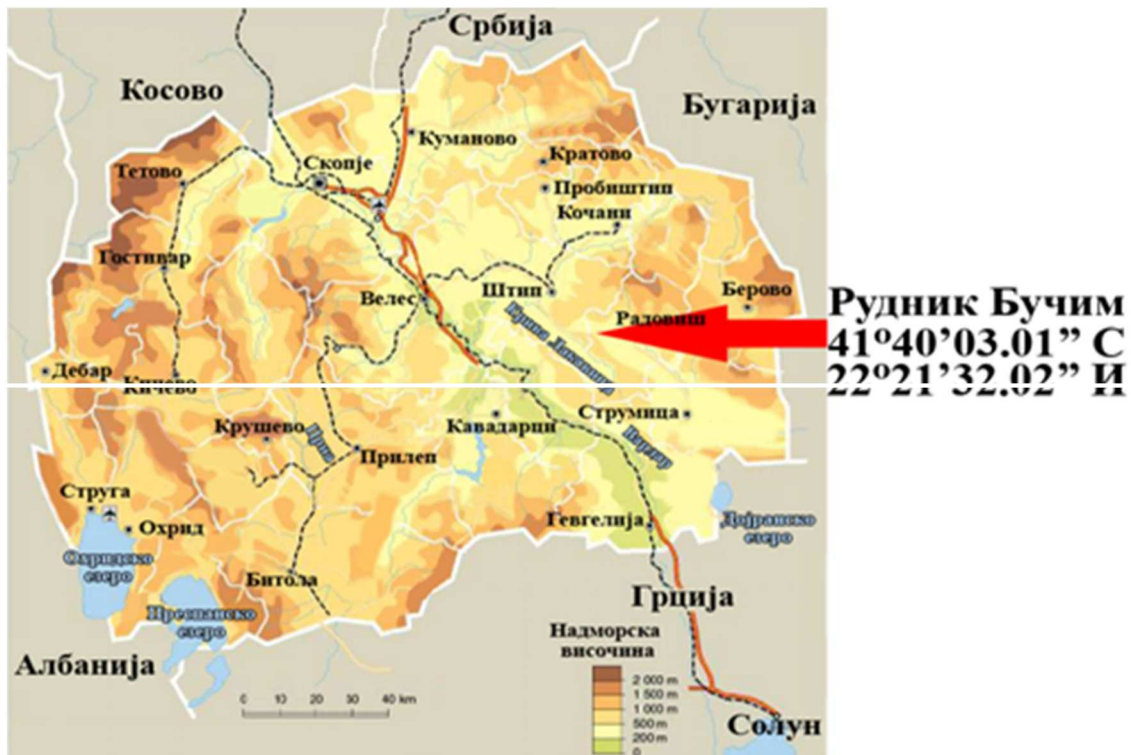
Слика 6.1.1 Рудник за бакар Бучим
Figure 6.1.1 Copper mine Bucim

Со приватизацијата Рудникот за бакар “Бучим” го превзеде руската компанија Солвеј менаџмент. Денес, рудникот “Бучим” активно работи на истражување на нови рудни резерви и нивна разработка за површинска експлоатација.

Во Рудникот е применета дисконтинуирана технологија за товарење и транспорт на ископината. Во април 2010 е инсталирана софистицирана диспечерска опрема SkyLinks за пратење и надзор на мобилната рударска механизација, од страна на бугарската фирма НОАК, која детално ќе биде разработена во продолжение на текстот од оваа дисертација. Општа шема на системот SkyLinks е прикажана на сл. 6.3.6.

6.1.1 Географска положба и геолошка градба

На источните падини на планината Плачковица, на оддалеченост од околу 120 km од Скопје и 28 km од најблиската железничка станица во Штип, сместено е наоѓалиштето Бучим во рамките на Рудниот реон Бучим-Дамјан-Боров Дол. Со регионална раседна структура помеѓу двете големи геотектонски единици, Српско-Македонскиот масив и Вардарската зона, реонот е поделен на: Бучимски блок и Дамјански блок.



Слика 6.1.2 Карта на Република Македонија со означена положба на рудникот Бучим
Figure 6.1.2 Map of the Republic of Macedonia with a marked location of the Buchim mine

Наоѓалиштето Бучим, сместено во Бучимскиот блок е изградено од прекамбриски метаморфни карпи и тоа: повеќе варијатети на гнајсеви, микашисти шкрилци и амфиболити, кои во олигомиоцен се пробиени со андезити и андезито-латити. Со пробивањето, андезитите ствараат поволни услови за движење на хидротермалните раствори, кои како носители на корисните компоненти орудувањето го сместуваат во прекамбриските карпи во вид на прстен околу андезитите до длабочина од 300 m.

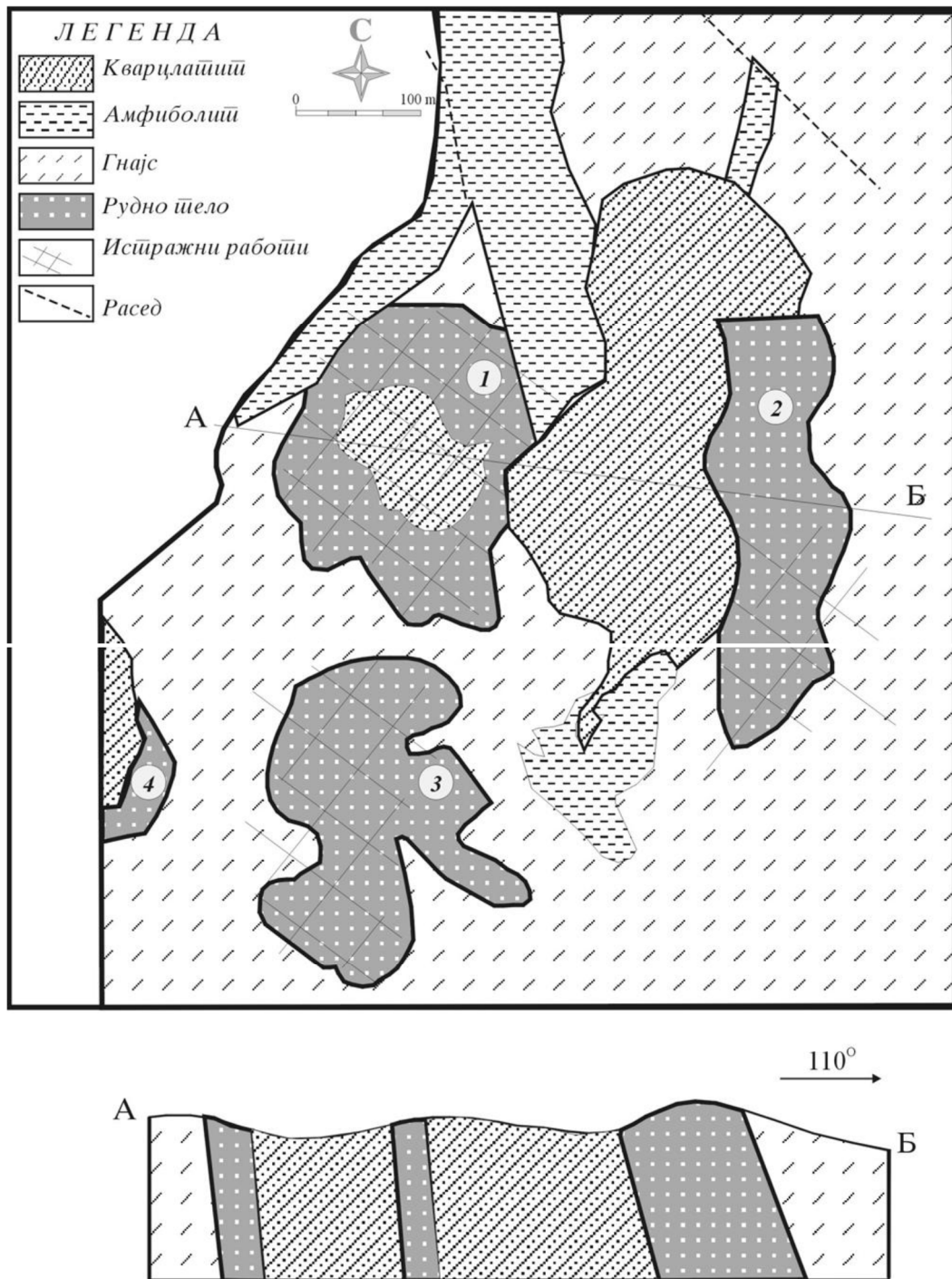
Покрај халкопиритот како најзастапен бакарен минерал присутни се и: борнит, куприт, малахит, азурит и др. Исклучок претставува само рудното тело Чукар каде најприсутни беа халкозинот, ковелинот и самородниот бакар во оксидна циноцементаци-оната зона.

Наоѓалиштето Боров Дол, сместено во Дамјанскиот блок, е изградено од повеќе фази на андезито-латити и андезитски туфови. Орудувањето е сместено во постарите андезити, исто така во вид на прстен околу најмладите андезити.

6.1.2 Геолошки карактеристики на наоѓалиштето Бучим

Врз основа на податоците од геолошките истражувања во наоѓалиштето Бучим е утврдена минерализација на бакар и злато од порфирски тип на површина од 1,5 km², проследена до длабочина од 300 m. Оваа минерализација се наоѓа околу претходно споменатите субвулкански интрузии, најчесто во гнајсовите. Наоѓалиштето се состои од четири рудни тела: Централен дел, Бунарџик, Вршник и Чукар, разместени на површина од околу 10 km². Последователноста и динамиката на експлоатацијата на наоѓалиштето се определени од количеството на корисните компоненти во рудата и формите на нивното појавување.

Од тој аспект завршено е со експлоатација на рудното тело Чукар. Во моментот сулфидна руда се вади од Централното рудно тело и од Североисточниот дел од Централното рудно тело, а оксидна руда се вади од рудното тело Вршник. Рудното тело Бунарџик не е во фаза на експлоатација.



Слика 6. 1.3 Геолошка карта и профил на наоѓалиштето Бучим (Чифлиганец, 1987; модификувал Тасев, 2003). 1. Рудно тело Централен дел; 2. Рудно тело Вршник; 3. Рудно тело Чукар; 4. Рудно тело Бунарџик

Figure 6.1. 3 Geological map and a profile of the deposit Bucim (Cifliganec, 1987; modified by Tasev, 2003). 1. Mine body Central part; 2. Mine body Vrsnik; 3. Mine body Cukar; 4. Mine body Bunardzik

6.1.3 Минерален состав на рудата

Врз основа на спроведените комплексни испитувања за утврдување и дефинирање на минералните видови во рудното лежиште Бучим утврдени се повеќе рудни и нерудни минерали. Минералниот состав на рудата во рудните тела е сличен, но постојат извесни специфичности на минералните парагенези и нивниот минерален состав во одделни рудни тела:

Рудно тело Централен Дол е најзначајното рудно тело на наоѓалиштето Бучим, во него е содржано близу 70% од вкупната минерализирана маса. Врз основа на систематските рудно-микроскопски испитувања во рудата се идентификувани и констатирани следните минерали: пирит, магнетит, халкопирит, хематит, халкозин, кубанит, борнит, пиротин, рутил, титаномагнетит, илменит, спекуларит, енаргит, самородно злато, галенит, линеит, минерали на злато (телурит-кренерит и калаверит), минерали на сребро (матилдит, стефанит, фрајбергит, сфен, улвоспинел, вларерит, бизмутинит).

Рудно тело Чукар (РТЧ). За разлика од другите рудни тела, во РТ Чукар е присутно интензивно супергено (халкозинско-ковелинско оруднување), додека халкопиритот е многу помалку застапен. Главниот фактор кој довел до економски концентрации на бакар е секундарното сулфидно збогатување-цементациона зона, сместена во интензивно-хидротермално (метасоматски) променети-избелени гнајсеви.

Врз основа на рудно микроскопските проучувања во рудното тело Чукар утврдена е слична минерална асоцијација како и во другите рудни тела: пирит, халкозин, ковелин, халкопирит, магнетит, рутил, сфен, леукоксен, хематит, мартит, железни хидроксида, пиротин, кубанит, свалерит, молибденит, каситерит, злато, борнит, малахит и азурит.

6.1.4 Хемиски состав на рудата

Табела. 6.1 Хемиски состав на рудата во Рудникот за бакар Бучим
 Table. 6.1 Chemical composition of the ore in the mine for copper Bucim

Рудно тело Бунарџик/ Mine body Bunardzik		Рудно тело Централен дел/ Mine body Central part	
SiO ₂	54.9%	SiO ₂	63.2%
Al ₂ O ₃	15.02%	Al ₂ O ₃	13.26%
Fe ₂ O ₃	6.03%	Fe ₂ O ₃	1.7%
FeO	0.86%	CaO	1.82%
CaO	2.96%	Fe(Vk)	5.25%
MgO	2.76%	Cu	0.304%
Ti	1.30%	Au	0.6g/t
Mn	0.05%	Ag	1.1g/t
Au	0.33g/t	Mo	0.0013%
Ag	1.2g/t	S	1.05%
S	0.65%		
Cu	0.27%		
Fe ₃ O ₄	2.53%		

6.1.5 Технологија на површинска експлоатација

На Површинскиот коп во “Бучим” се изведува етажно откопување со височина на етажите од 15 m.

Првата фаза на експлоатацијата е дупчење на вертикални мински дупки со пречник од 250 mm и длабочина од 16-17 m, и растојание меѓу бушотините и редовите од 6-7 m. Притоа се формираат серии за масовно минирање.

Квалитативно-квантитативните параметри на серијата ги одредува рудничката геолошка служба врз основа на претходно земените проби од минските бушотини. Минирањето главно се извршува со експлозивни смеси: анфо и слари.

Одминираниот материјал се товари со багери, додека транспортот се врши со дампери кои рудата ја одвезуваат до Примарно дробење, а жаловината на Јаловиштето.

Во примарната дробилка се извршува дробење на рудата до 210 mm. Потоа истата се складира на отворено складиште до кое се одвезува преку

лентест транспортер. Капацитетот на отвореното складиште изнесува 35.000 t активно количество руда, која преку хранилките се транспортира до погонот Секундарно-терцијално дробење.

Фази на експлоатација

Во металогенетскиот комплекс на бакарното лежиште Бучим припаѓаат рудните тела: Централно рудно тело, Чукар 1, Чукар 2, Вршник и Бунарџик.

Своите почетоци “Бучим” ги започнува со експлоатација на рудното тело Чукар 1, за да продолжи во рамките на активните површински копови – површински коп на Централното рудно тело и површинскиот коп на Чукар 2, со просечно годишно производство на руда од 3,8 – 4 милиони тони.

Понатамошниот континуиран развој на рудникот “Бучим” се гледа во навременото активирање односно подготвување на експлоатацијата на геолошко дефинираните рудни тела: Вршник, Бунарџик, Боров Дол и др.

Со оглед на фактот дека за рудното тело Вршник е изработен и главен експлоатационен рударски проект и извршени се подготвителните работи (откопани 2 милиони тони раскривка), се планира проектанско истражување и изработка на експлоатациони рударски проекти и подготовка за експлоатација на другите рудни лежишта.

Рударските активности во рудникот Бучим ги вклучуваат следниве работи: откопување, подготовка на минералните сировини и од неодамна, хидрометалуршка преработка.

Откопувањето е првата работа во комерцијалната експлоатација на минералните и енергетските сировини. Се дефинира како вадење минерали од земјината кора заради искористување на еден, или повеќе составни делови од така извадените минерали. Експлоатацијата на бакарната сулфидна и оксидна руда од рудникот Бучим се остварува преку отворање на површински копови. Првиот процес на експлоатација е откопувањето. Во понатамошниот процес сулфидната руда со помош на дамperi се носи до примарно дробење, а оксидната руда до одлагалиштето за лужење, додека јаловината се носи на одлагалиштата на рудничка јаловина (сл. 6.1.4).



Слика 6. 1.4 Одлагалиште број 1 во рудникот Бучим каде се складирани преку 120 Mt сулфиден руднички отпад
Figure 6.1. 4 Postponement number 1 in the mine Bucim where over 120 Mt sulfide mine waste material is stored

Подготовката на минералните суровини, или облагородување има за цел физички да ги издвои корисните рудни минерали. Подготовката на минералните суровини ги содржи следниве фази: дробење, мелење, класирање и флотација. При подготовката на минералните суровини во рамките на рудникот Бучим за сулфидните руди се користат флотациските методи за концентрација.

Во рамките на рудникот Бучим за оксидните руди од неодамна се применува хидрометалуршко издвојување на бакарот-лужење.

Сите три клучни работи во рудникот Бучим откопувањето, подготовката на минералната суровина и хидрометалуршката преработка, создаваат отпад. Рудничкиот отпад овде се дефинира како цврст, течен или гасовит нуспроизвод од постапките на откопување, подготовка и на хидрометалуршката преработка на минералната суровина. Тој е непожелен, нема тековна економска вредност и се натрупува во рударското работилиште.

Одминираната карпеста маса се товари со товарна опрема која се состои од:

- два електрични багери, со волумен на лажицата 7.65 m^3 , од типот P&N 1900 AL;
- еден електричен багер, со волумен на лажицата 11.47 m^3 , од типот P&N 2100 BL;

- еден хидрауличен багер, со волумен на лажицата 8 m³, тип O&K RH 90C;
- еден хидрауличен багер, со волумен на лажицата 10.4 m³, тип O&K RH120 C;



Слика 6.1.5 Електричен багер, со волумен на лопата 7.65 m³, тип P&H 1900 AL
 Figure 6.1.5 Electric excavator with shovel volume of 7.65 m³, type P&H 1900 AL



Слика 6.1.6 Хидрауличен багер, со волумен на лопата 8 m³, тип O&K RH 90 C
 Figure 6.1.6 Hydraulic excavator with shovel volume of 8 m³, type O&K RH 90 C

Подолу се прикажани техничките карактеристики на дел од товарната механизација:

1) Багер тип O&K RH 90 C

Општи податоци:

- Работна тежина
- Лице на Лопата 172 t 190 SHT
- Ровокопач 175 t 193 SHT
- Моќност на моторот SAE J 1995
- Гасеница C18 858 kW 1150 HP
- Стандард капацитет на корпата
Волумен (SAE 2:1) 10,0 m³
Волумен (SAE 1:1) 10,0 m³
- Двоен мотор
- TriPower поврзаност со лопатата
- Независен систем со масло за ладење
- Електронски хидраулична контрола на сервот
- Автоматско централно подмачкување на систем
- Ксенон работни светла
- Стандардна патека на перничкиња 800 mm
- Работна тежина 172.000 kg
- Притисок на тлото 17,4 N/cm²

За подготовка на работните простори рудникот поседува соодветна помошна механизација која се состои од: булдожери, грејдери, товарни лопати и цистерни.

Транспортот на рудата и раскривката се врши со дамperi, со техничка носивост од 136 t, производство на фирмата Caterpillar, модел 785B, и дамperi со техничка носивост од 108 t, производство на фирмата Wabco, модел 120C. Дамперите рудата ја транспортираат до примана дробилка, а раскривката до надворешно одлагалиште.



Слика 6.1.7 Дампер, со техничка носивост од 136 t, производство на фирмата Caterpillar

Figure 6.1.7 Truck, with technical capacity of 136 t, production of the company Caterpillar

Во продолжение на текстот се прикажани техничките карактеристики на дамперот, модел CAT 785B:

- Моќност: 962 kW
- Маса на празен камион: 96353 kg
- Вкупна маса: 249433 kg
- Максимална носивост: 136 t
- Волумен на сандак:
 - а) рамен: 57m³
 - б) конус (2:1): 78m³
- Модел на мотор: 3512(EUI)
- Број на цилиндри: 12
- Радиус на свртување: 30,5m
- Капацитет на резервоар за гориво: 1893L
- Димензии:
 - а) Широчина: 3,84m
 - б) Височина: 5,77m
 - в) Должина: 11,02m

6.2 Опис на работата на претходниот систем за диспечирање на мобилната рударска опрема во рудникот за бакар Бучим

Пред да се почне со вградувањето на SkyLinks системот во рудникот за бакар Бучим, не постоел посебен инсталиран систем за диспечирање и надзор на процесот на работа на мобилната рударска опрема. Оперативната работа ја водел раководител со помош на радиостаница. Радиостаници биле инсталирани на секоја машина (багер или дампер), а раководителот со себе носел подвижна радио станица. При ваквиот начин на управување на процесот се трошело многу време околу комуникациите и управувањето, особено на транспортниот систем, од причини што не постоел видео-надзор, и од страна на операторите на машините (багери и дампера) доаѓало до задоцнување на известување за дефект. Како на пример, доколку се случи дефект на машината, известувањето било за 15 до 20 минути.

Во случај на пријавување на одреден настанат дефект на багерите, раководителот вршел промена на багеристот од дефектниот багер на багер во работна состојба, а транспортната опрема целосно се пренасочувала на исправниот багер, поради што се јавувале големи загуби во времето.

По завршување на сменското работно време секој од операторите на машините бил должен во посебен извештај да ги евидентира сите застои кои се јавувале во текот на смената, истите се евидентирале односно запишувале рачно, како што се гледа на сл. 6.2.1 и сл. 6.2.2.

ДПТУ "БУЧИМ" ДООЕЛ Радовиш

Позив: 204

СМЕНСКИ ИЗВЕШТАЈ ЗА БАГЕР: 3

Дата: 26.5 2010 год. Смена: 3 Етажа: _____

Рудно тело		производство		
ОПИС	Руда	Јаловина	Вкупно	
Утоварено дампер-тури	13	24	37	
Утоварено во тони				
Утрошено КВН	32643	32649	6	
Работа на моторот				
Брзи на запослени дампери				
З А С Т О И				
Од	До	Часови	ЕЛЕМЕНТИ НА ЗАСТОЈ	
		0,15	Примопредаја	
		0,15	Сервис и проглед	
		0,30	Одмор - појадок	
			Минирање	
		0,15	Преместување на багерот	
		1,00	Невреме <u>ИРЕКЦИЈА НА</u>	
			Квар	
			Недостиг на руда, јаловина	
		2,00	Недостиг на дампер	
		0,15	Чистење	
			Останато	
		4,30	Мож. час <u>8</u> , Еф. час <u>3,30</u>	
ВКУПНО:			Ракуван <u>37</u>	
Забелешка:			Смен. раково. лист	

Слика 6.2.1 Сменски извештај за багер
Figure 6.2.1 Shift report on excavator

ДПТУ "БУЧИМ" ДООЕЛ Радовиш ¹²

Позив: 101

СМЕНСКИ ИЗВЕШТАЈ ЗА ДАМПЕР: 23

Дата: 26.05 10 год. Смена: III Етажа: _____

Рудно тело		производство		
ОПИС	Руда	Јаловина	Вкупно	
Превезено дампер	64	23	23	
Превезено во тони				
Утрошено гориво во литри				
Работа на мотор часа	2267	2274	7 ²⁵	
Гомената Км. состој				
З А С Т О И				
Од	До	Часови	ЕЛЕМЕНТИ НА ЗАСТОЈ	
		0,15 ²⁵	Примопредаја	
		0,15 ²⁵	Сервис и проглед	
		0,30 ²⁵	Одмор - појадок	
			Минирање	
			Невреме	
			Квар	
			Недостиг на руда, јаловина	
		1 ²⁵	Чекање на утовар	
			Земане на гориво	
			Останато <u>гомила - 100 м²</u>	
ВКУПНО:		2 ⁰⁰	Мож. час <u>8</u> ²⁵ , Еф. час <u>6</u> ²⁵	
Забелешка:				

Слика 6.1.2 Сменски извештај за дампер
Figure 6.2.2 Shift report on truck

Сменоводителот на крајот од смената ги собира сите извештаи и на крајот од работниот ден (после 3-та смена) ги предавал на техничарот, кој бил задолжен за одредување на нормативите, односно остварените работни часови.

Покрај тоа, секој раководителот на крајот од смената, во посебна книга за производство ги внесувал податоците од извршената работа за секој работник и за секоја машина (багер или дампер).

Пример: багер 1 во една смена има утоварено 45 дамперски сандаци, а багер 3 во смена утоварил 73 дамперски сандаци, со тоа што овие багери вршеле утовар на: дампер бр. 12, дампер бр.17 и дампер бр.19. Така што за багер 1 поединечните дамперс ги реализирале следниве циклуси: дампер бр. 12 остварил 15 циклуси, дампер бр.17 остварил 18 циклуси и дампер бр.19 остварил 12 циклуси.

На крајот од 24-ри часовното работење сите извештаи од машините се собирале и се изготвувал дневен извештај за производството.

На сличен начин со собирање на извештаите за секој работен ден, на крајот од месецот се изготвувал извештај за месечното производство, кој се пишувал на рака.

6.3 Технички опис на SkyLinks системот за диспечирање на мобилна рударска опрема во рудникот Бучим

6.3.1 Компоненти на системот SkyLinks

Системот SkyLinks (сл.6.3.1), се состои од следниве компоненти:

- Диспечерска станица;
- Контролери поставени во мобилните објекти;
- Радио-опрема.

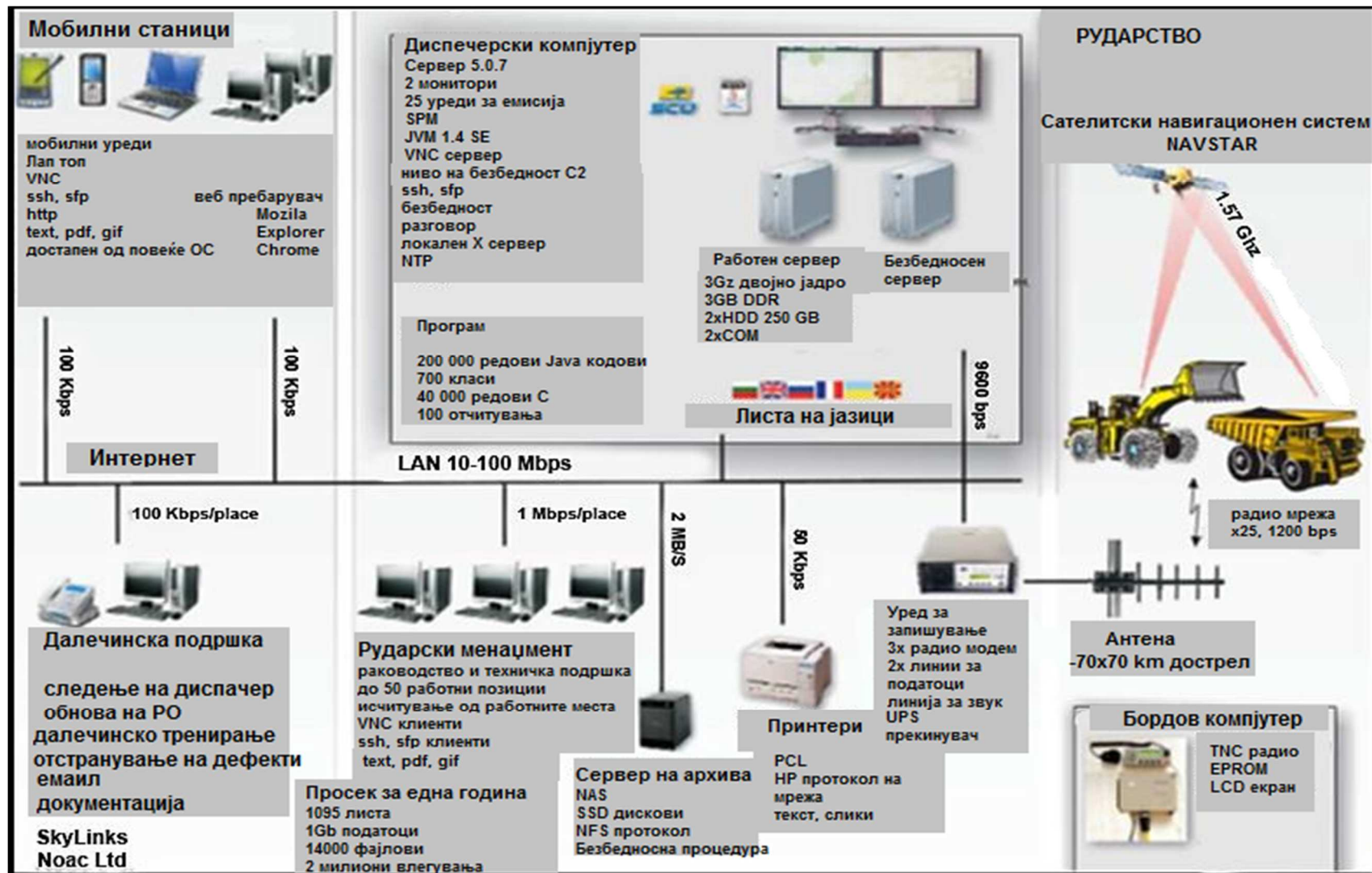
Овие објекти се поврзани во заедничка радио-мрежа. Податоците се испраќаат според протоколот AX.25 со брзина од 1200 бода. Системот со локалната мрежа е поврзан преку TCP/IP протокол. Диспечерскиот компјутер работи во режим сервер-апликација. Пристапот до информациите од работните места се реализира преку емулирање на графичкиот терминал.

Податоците можат да бидат представени на екран, можат да се печатат или да се снимат во текстуални датотеки со различно кодирање или како датотеки во формат MS Excel или PDF формат. Пристапот до информациите е контролиран од страна на самиот оперативен систем и од системот за пристап до самата програма. Во рудникот Бучим се вклучени 17 работни места.

Диспечерската станица (сл.6.3.2), е опремена со следните уреди:

- Компјутер за работа во индустриско опкружување;
- Радиомодем;
- Радиостаница за пренос на податоци;
- Радиостаница за комуникација на учесниците во процесот;
- Печатарски уред;
- Антенски уред;
- Уред за напојување со ел.енергија.

Системот не бара дополнително опремување на пунктовите или патиштата помеѓу нив. Позициите на товарните, истоварните и помеѓу пунктовите, системот ги детектира врз основа на испратените и примените информации од транспортните уреди. Секоја маршрута се прати ако се наоѓа во зона која е покриена со системот.



Слика 6.3.1 Архитектура на системот SkyLinks
Figure 6.3.1 Architecture of the system SkyLinks



Сл.6.3.2 Диспечерска станица
Figure 6.3.2 Dispatch station

Диспечерот може оперативно да задава нови маршрути како и нови задачи на возачите на дамперите. Багерите се опремени со контролери кои служат за позиционирање на пунктот, испраќање на кратки текстуални пораки, како и за говорна врска помеѓу диспечер-багерист.



Слика 6.3.3 Радио станица и радиоврска
Figure 6.3.3 Radio station and radio communication

Бордова апаратура

Мобилните уреди се опремени со:

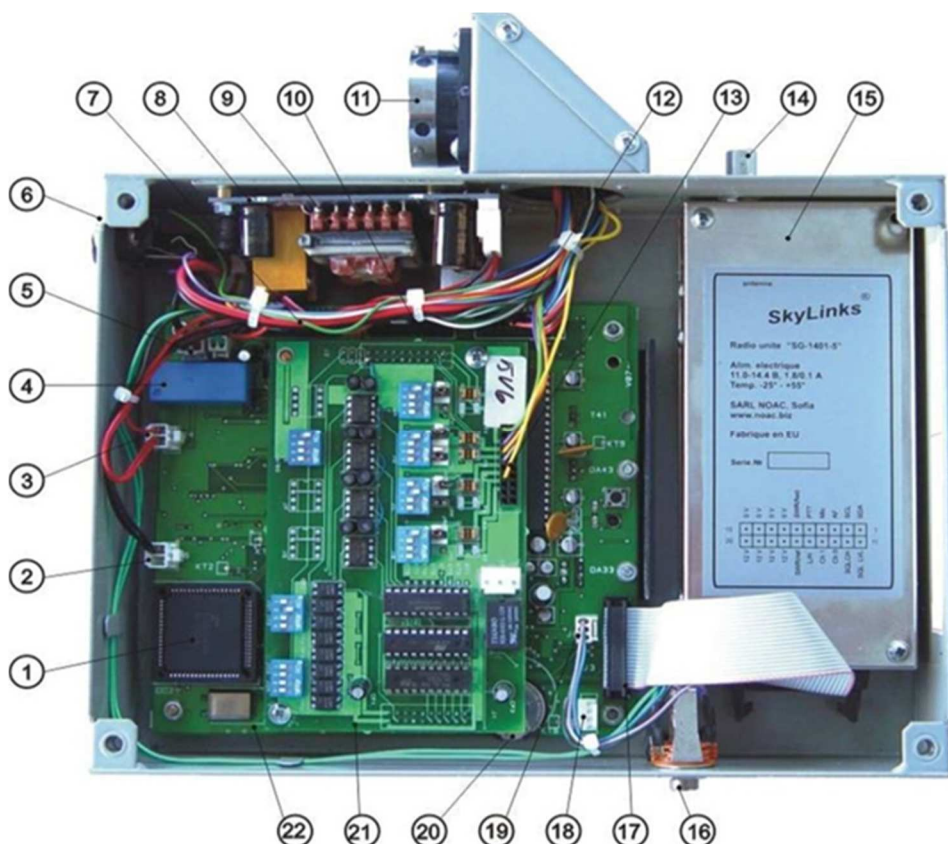
1. Бордов микроконтролер;
2. Радиостаница со УКВ дијапазон;

Радиостаницата може да работи на два канала. Преку првиот радио-канал се испраќаат податоците, а преку вториот канал се реализира врска со диспечерската станица. Врската може да се воспоставува по знаење на диспечерот или непосредно од возачот. Јавувањето по иницијатива на возачот се регистрира и покажува, со што се намалуваат анонимните јавувања и нарушувањето на радио-дисциплината;

3. Радио-модем за пренос на податоци;
4. Приемник за позиција;

Приемникот работи со сателитскиот глобален позициски систем (GPS). Секоја секунда приемникот емитува кон бордовиот микрокомпјутер навигациска информација со точност за позиција од 10-15 m за брзина од 0.1 km/h;

5. Сензор за тежина на товарот и сензор за нивото на горивото во резервоарот. Сензорот работи на притисок во целост кога се дига и спушта сандакот на дамперот. Истиот е сместен и монтиран на хидрауличниот вод, како што може да се види на прилог III, слика 7.
6. Сензор за притисокот на маслото и за температурата на течноста за ладење на моторот;
7. Дисплеј за давање на алфа-нумеричка информација- 2x16 реда;
8. Сирена за звучни сигнали од возачот кон диспечерската станица.



Слика 6.3.4 Бордов микрокомпјутер (опис на конектори и сигнали)
 Figure 6.3.4 Board microcomputer (description of connectors and signals)

1. Асинхрон контролер- SIO
2. J5, DC/DC конвертор GND
3. J4, DC/DC конвертор влез излез
4. Реле за напојување
5. J7, конектор за напојување на патната мрежа
6. Осигурач 3A и влезно излезно напојување 12V
7. J13, напојување на GPS сензорот, RS-232 податочни канали, оптронски влезови
8. DC/DC конвертор
9. Претварач на DC/DC конвертор
10. J12, напојувачки сензори 12 V, аналогни влезови
11. Бајонетен приклучок

12. J11, сигнали кон панелот
13. J3, директни аналогни влезови
14. Антенски конектор, BNC
15. Радио модул
16. Клуч за приклучок на надворешен звучник
17. J3, спој на радиомодулот
18. J9, I2C автопат
19. J6, конектор за надворешен звучник
20. Батерија RTC RTC
21. Влезно излезна карта
22. Основна плоча

6.3.2 Краток опис на работа на системот SkyLinks гледано од аспект на софтвер

Системот работи во режим на апликативен сервер (application server). Програмата се извршува на диспечерскиот компјутер во разделено време со повеќе кориснички режим (multiuser mode). Диспечерите и обичните корисници работат на еден компјутер, кога стартуваат различни копии на една и иста програма. Таа програма има пристап до иста база од податоци.

Разликата е во тоа што диспечерската програма има пристап до комуникациите и може да собира податоци од радио мрежата и да ги складира во базата на податоци. Корисничките копии на програмата главно генерираат записи, но можат и да променуваат некои податоци. Секое стартирање на програмата работи во различни процеси на оперативниот систем. Оперативниот систем е специјализиран за повеќе клиентска и повеќе процесорска работа. Се подразбира дека оперативниот систем е повеќе процесорски. Се користи SCO Open Server, верзија на оперативен систем Unix.

Диспечерот користи системска конзола: дисплеј и тастатура на диспечерскиот компјутер. Диспечерскиот компјутер од техничка гледна точка и по параметри е графичка работна станица. Од софтверска (програмска) гледна точка тој работи и како сервер на апликации. Ефективноста на програмата како и добиениот обем на податоци е таков што овозможува работа на повеќе корисници, и тоа над 30 во исто време.

Пристапот на корисниците до програмата е преку графички терминал-емулатор. Се користи програма за оддалечен графички пристап VNC.

Програмскиот јазик во кој е изработена програмата е Java. Само некои делови од програмата се напишани во "C" и "Korn shell".

Програмското осигурување (безбедноста) на бордовиот компјутер е напишано во програмскиот јазик "C", како и програмско осигурување на блокот со излезните уреди. Корисниците директно можат да работат на повеќе кориснички пристап.

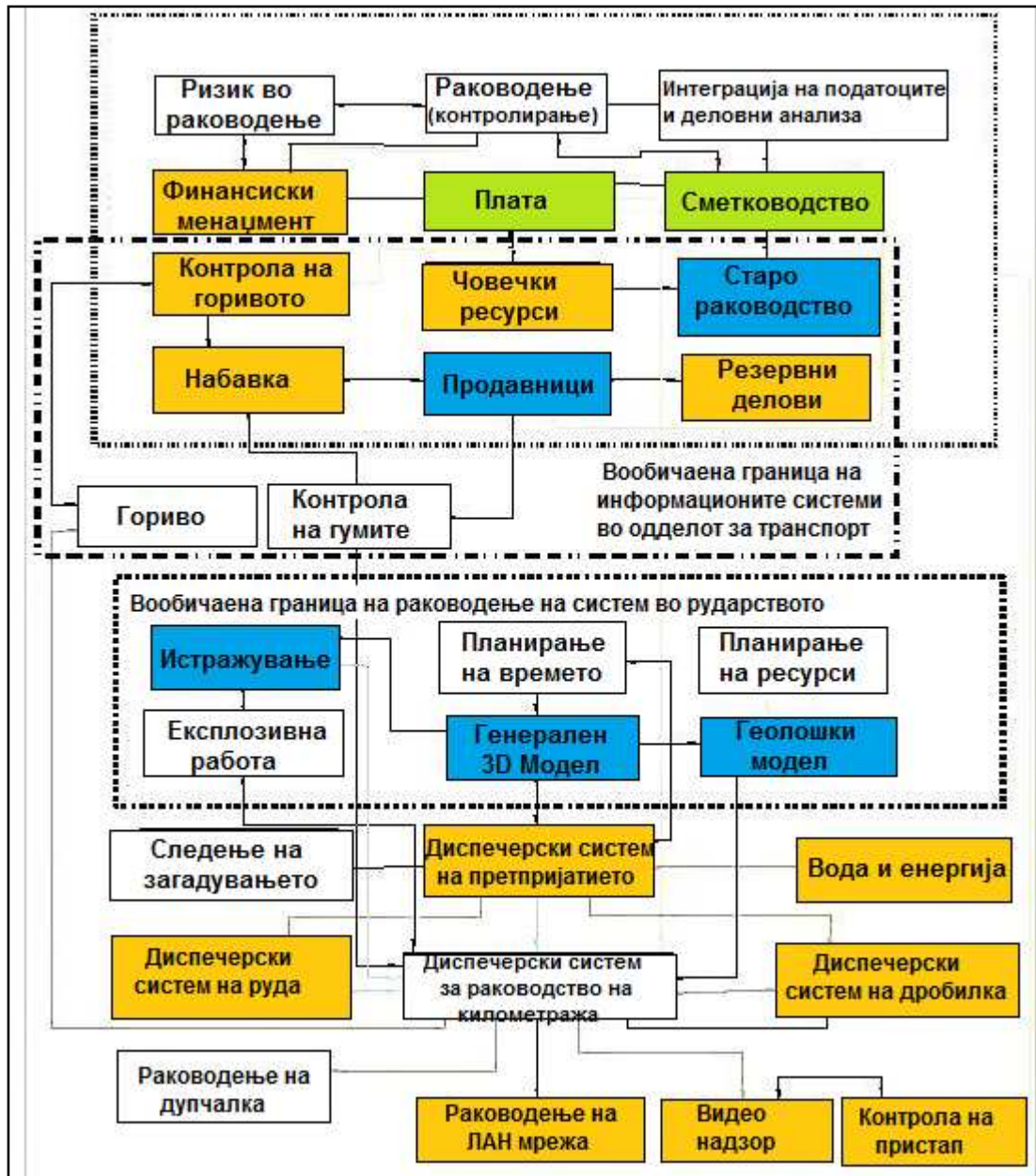
Интернетот се користи како средина за комуникација помеѓу компјутерот на корисникот и диспечерскиот компјутер (серверот на апликации). VNC програмата се состои од два дела: програма сервер, која работи на диспечерскиот компјутер и програма корисник, која работи на компјутерот на корисникот. VNC корисникот, има верзија за различни оперативни системи, но корисниците работат исклучиво во средина на Windows. Таквата организација на работа припаѓа на видот thin client, "тенок клиент".

VNC клиентот и VNC серверот работат по свој протокол, специјализиран за пренесување на екранот-графичка информација.

VNC протоколот работи врз TCP/IP стек. Постои верзија на VNC која е реализирана како Java аплет. Таквиот аплет се стартира во навигаторот на клиентскиот компјутер, и во таков случај протоколот е http. Се препорачува инсталирањето на VNC клиент на корисничкиот компјутер, но само за брзо започнување со работа или пак за проба, и тогаш е возможна работа и од навигаторот (browser), кој може да исполнува Java аплети.

За работа со програмата корисникот треба да биде регистриран на две места - во оперативниот систем и во самата програма. Анонимен пристап не се дозволува, па затоа и не се препорачува да се работи преку навигатор (browser).

Контролата за пристап до програмата се овозможува од супер моќен систем за идентификација и автентификација на оперативниот систем. Дополнително приложената програма им дава права на корисниците врз основа на нивната идентификација од оперативниот систем.



Слика 6.3.5 Интеракција на информационите системи
 Figure 6.3.5 Interaction in information systems

6.3.4 Функции на системот SkyLinks применет во рудникот “Бучим”

Имплементацијата на системот SkyLinks започнува во април 2010 и влегува во 24-часовно дежурство на 1-ви септември истата година. Со системот се набљудува и управува комплекс багер-дампер, со руднички транспортен систем составен од 16 дампера, со носивост од 80 до 130 t, и различни модели на дампера и товарен систем од 4 багера. Системот врши диспечирање на

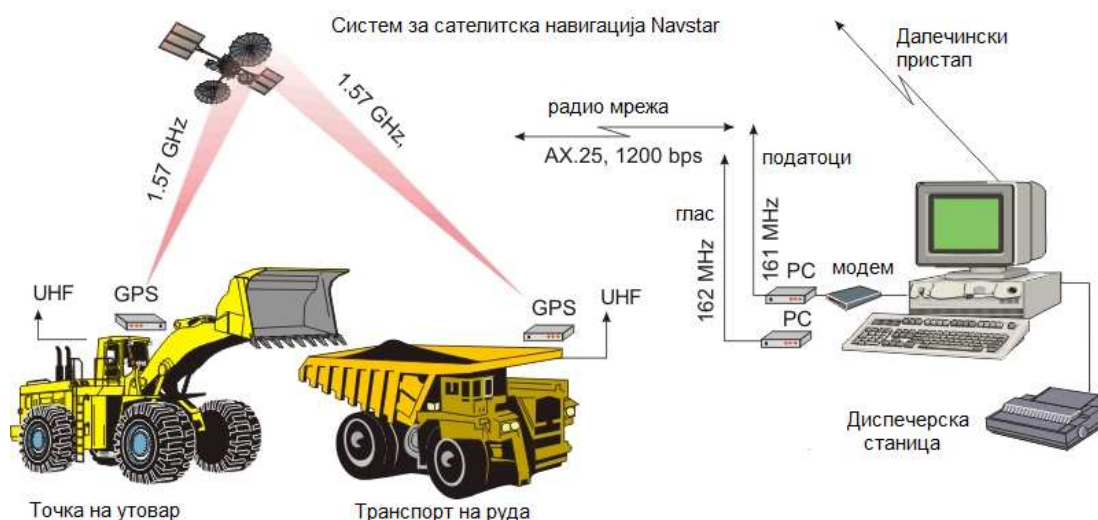
мобилната опрема и оптимизирање на составот на корисните минерални сировини. Овој систем располага со модифицирана програмска шема, прилагодена според потребите на рудникот и централизирана база за складирање на податоци која е достапна од 17 работни места.

Сите активни дампера и багери во рудникот „Бучим“ се опремени со GPS приемници, при што диспечерите и другите специјалисти и раководители, имаат информација за нивната положба, брзина и фазата на исполнување на задачите.

Во последните децении доаѓа до развој на различните видови кориснички производи за: навигација, геодезија, анализирање и започнува нивното постепено усовршување. Од системите за следење на копнениот транспорт се издвоија диспечерските системи. Во класата на диспечерските системи доаѓа до класифицирање на истите, и тоа на: такси превоз, глобален градски транспорт, далечни превози, брза помош, пожарникарски коли, превоз на скапи товари, железничкиот транспорт и руднички транспорт.

Според функцијата, податоците, програмското осигурување, комуникациите, техничко исполнување и интерфејсите тоа се совршено различни системи, кои се разликуваат од елементарните системи за следење на мобилни објекти. Во класата на рудничките диспечерски системи се позиционира и системот SkyLinks.

Како останати руднички диспечерски системи SkyLinks вклучува не само диспечирање, но и функции за управување со квалитетот на минералната сировина, метрично следење на состојбата на машините, комуникација со возачите и др. Системот се состои од диспечерска станица, контролери, инсталирани на мобилните објекти и радио мрежа.



Слика 6.3.6 Општа шема на системот SkyLinks
Figure 6.3.6 The general scheme of the system SkyLinks

Податоците се предаваат во реално време. На диспечерите им се воспоставува податочна и говорна врска со возачите и операторите на машините. Бордовите уреди, односно уредите инсталирани на мобилната опрема се во посебна заштитена изведба. Податоците од GPS приемникот доаѓаат во бордовиот микроконтролер, кој пак ги обработува и ја открива фазата на исполнување на курсот на дамперот на товарниот пункт, на истоварниот пункт, во зоната на чекање, по патот меѓу пунктовите, надвор од работа и други. Состојбата на исполнување на назначувањето, заедно со останати податоци за машината се подготвуваат за испраќање и се емитуваат кон радио-модемот. Се овозможува податочна и говорна врска со возачите и машинистите.

Врз основата на добиените податоци диспечерскиот центар ги исполнува следните функции:

1. Оптимизација на составот на корисната минерална сировина на влезот на постројката за преработка, преку диспечирање на тековите од руда со различен состав;
2. Оптимизација на работата на транспортните единици и багерите;
3. Отчитување на работата на техниката и персоналот;
4. Управување со транспортот на ископината-корисна минерална сировина, откривка, некорисни компоненти.
5. Собирање на статистичка информација со цел оптимизација на транспортот.

Централната работна станица располага со графички интерфејс, кој работи во стандардот X-Windows. На екранот на графичкото работно место се појавува план на теренот со транспортните патишта во рудникот, положбата на контролните, багерските и истоварните пунктови, тековните позиции на подвижните објекти и нивните состојби. Симболично (преку икони) се формира положбата и состојбата на подвижниот состав - позиција, брзина и управување на движење, вид на превезениот товар.

Преку промена на состојбата на иконите се индицират настаните: навлегување во контролна зона, добивање на назначување, пристигнување до товарен или истоварен пункт, исполнување на назначувањето и многу други.

Положбата, брзината, управувањето на движење и натоварувањето на подвижните средства се врши непрекинато. Точноста зависи од нивната брзина на движење и времето, преку кое се предава информација за нивната состојбата. При полно оптоварување на системот, положбата на сите возила се ажурира не помалку од 1 пат во минута.

6.3.5 Параметри и извештаи кои ги генерира системот SkyLinks

Основни податоци

При завршувањето на секој циклус на дампер, системот SkyLinks ги забележува најмалку следниве параметри за конкретниот курс:

1. Идентификационен број на дампер;
2. Време на почетокот на циклусот;
3. Смена, во која што работи дамперот;
4. Бројот на циклус;
5. Група, во која што работи дамперот;
6. Возач на дампер;
7. Број на товарниот пункт, на кој што работи дампер;
8. Име на товарниот пункт;
9. Број на истоварниот пункт;
10. Име на истоварниот пункт;
11. Број на нарушувања на циклусот-пречекорување на брзината, сопирања, задоцнувања и други;
12. Максимална достигната брзина-празен, km/h;
13. Максимална достигната брзина-полн, km/h;
14. Максимален товар за дампер;
15. План за потрошувачка на гориво на дампер, l/ t·km;
16. Координати, каде завршил циклусот;
17. Компонента на движење при пристигнувањето;
18. Вид на застојот за последниот циклус на дамперот;
19. Време на напуштање на истоварниот пункт;
20. Време на пристигнување на товарниот пункт;
21. Време на напуштање на товарниот пункт;
22. Време на пристигнување на истоварниот пункт;
23. Гориво при напуштањето на истоварниот пункт, l;
24. Гориво при пристигнувањето на товарниот пункт, l;

На секои 30 секунди од секоја рударска машина се пренесуваат и запишуваат следниве параметри:

1. Време на испраќање на податоците;
2. Причина за испраќање на податоците;
3. GPS координати на машината;
4. Надморска височина во моментот на испраќањето, m;
5. Моментална брзина, km/h;
6. Компонента на движење на багерот, степени;
7. Гориво во резервоарот, l;

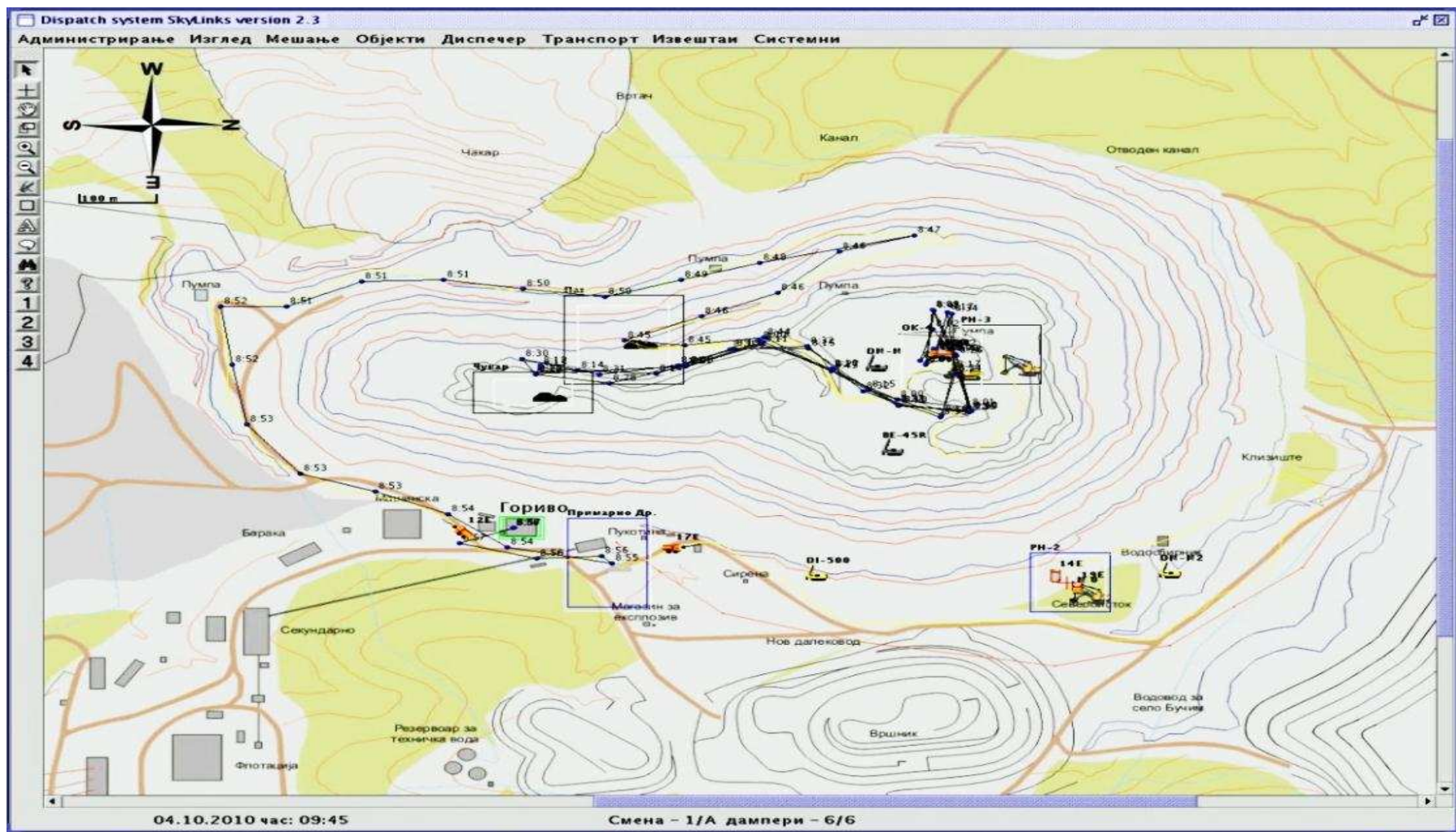
Застои

Кога рударската опрема не функционира, се следи и запишува застојот со точност до минута. Видовите застои се поставуваат на програмата во зависност од усвоената методологија во рударското претпријатие за поднесување извештај. Еден примерен сет на застои кои се следат во реално постоечко претпријатие се: планска предупредувачка поправка, дробилка, замена на дел, поместување на трасе 1, 2, 3, поместување на лента, вулканизирање, пресипни места, чистење на сито, материјал, смена на метален детектор, недостаток на возило, негабаритен товар и др.

Примери на застои за дамперите: одржување, механичка хаварија, електрохаварија, смена на гуми, детонација, недостаток на багери, подготовка и движење за поправка, временски, промена на смените, службен застои, хидраулична хаварија и др.

Примери на застои за багерот: проблем со патот до зададениот налог, хаварија, преместување на ново работно место, недостаток на напојување, ставени во резерва, по застои на други места во рудникот, поради потрошеното гориво, технолошки, удар од гром, паѓање на камен, други природни причини, траен застој, неопределени и др.

На сл. 6.3.7 е даден извештај за позициите на дамперот во определено време, каде јасно може да се види во одреден временски интервал која машина каде се наоѓа.



Слика 6.3.7 Извештај за позициите на дампер со времиња (види Прилог II)
 Figure 6.3.7 Report on the truck positions with times (see Appendix II)

Од пренесените основни параметри дополнително се пресметуваат:

1. Бројот на курсевите;
2. Маса t ;
3. Обемот, m^3 ;
4. Височината;
5. Други производни параметри.

Параметри на машините

При опремување на системот со соодветните сензори се пренесуваат, снимаат и прикажуваат дополнително следните параметри:

- тежина на превезениот товар;
- притисок во амортизацијата;
- притисок во хидросистемот на подигачот;
- притисок во гумите;
- притисок на моторното масло;
- температура на моторното масло;
- температура на главата на моторот;
- температура на течноста за ладење на моторот;

Следните параметри го алармираат возачот со палење на контролните светилки во кабината на возачот:

1. светилка за низок притисок на маслото;
2. светилка за висока температура на моторот;
3. светилка за висока температура на течноста за ладење;

Секој од споменатите параметри може да се прикажува табеларно и графички, во временската област како однос или како зависност од други параметри. Параметрите можат да се резимираат и прикажуваат на различни временски периоди: курсеви, смени, деноноќија, денови од седмицата, недели, месеци, денови од месецот, квартали, сезони, години, произволни временски периоди.

Секој параметар може да биде генерализиран на различни начини: вредност, средна вредност, сума, број, медиумски, средно отстапување, варијација, распределба, параметри на распределба на параметри за примерокот. Целосната комбинација од параметри и начини на нивно претставување предизвикува неколку стотици различни видови на извештаи.

Текстуални и графички извештаи

Во системот се вклучени повеќе типови на извештаи. Повеќето извештаи се наменети за одреден оддел или службеник од тимот поставен за раководење на Рудникот.

1. Багери по пренесен товар;
2. Багери за дампера;
3. Возачи за багери;
4. Дневен извештај;
5. Извештај за авто-диспечер;
6. Возила по растоварниот пункт;
7. Товар за багери;
8. Товар за дампера / багери;
9. Месечен извештај за багери;
10. Месечен извештај за пренесен товар;
11. Ниво на горивото;
12. Извештај за истоварниот пункт;
13. Застои на дампер;
14. Застои за булдожери;
15. Застои за возен парк;
16. Застои на истоварниот пункт.

6.3.6 Статистички извештаи

При собирање на доволно податоци, на пример за една година, може да се генерираат корисни статистички извештаи, кои можат да се користат за долгорочното планирање.

1. Распределба на содржините;
2. Коефициент на откривка;
3. Продуктивноста на транспортот;
4. Циклуси;
5. Тон/километри;
6. Циклуси по периоди;
7. Тон/километри по периоди;
8. Растојанија по периоди;
9. Циклуси за багери;
10. Циклуси / багери по периоди;
11. Товар на руда / багери по периоди;
12. t / број камиони;
13. Број на камиони / t .

Траекторните извештаи ги покажуваат позициите на рударските машини за избрани периоди. Прикажани се позициите на часови, за состојбата на дамперите. Се користат за анализа на руднички патишта, позициите на багерите, насипите и други.

6.4 Значање и улога на системот SkyLinks при планирањето и работата на површинскиот коп

Со помош на статистичките податоци за техничките параметри кои се превземаат од GPS системот (SkyLinks) и тоа:

- време на траење на циклусот,
- носивоста на дамперот,
- часовен капацитет на дамперот,
- часовен капацитет на багерот,
- средни транспортни растојанија,
- средно превезена маса по циклус и
- средно превезени тон-километри,
- како и останати параметри кои се користат за одредување на планските количества на ископина за експлатирање во наредниот месец.

За планирање се земаат средните вредности од погоре наведените технички параметри и до колку експлоатацијата продолжи да се одвива на истите етажи односно работни места овие податоци можат да бидат валидни за планирање.

Во случај ако имаме промена на некои работни места односно дислокација на утоварната опрема на други етажи, за планирање се усвојуваат податоци од системот SkyLinks за работните места кои биле работени од порано, или за кои владеат слични услови или транспортни растојанија од утоварниот до истоварниот пункт.

7. ОСТВАРЕНИ ЕФЕКТИ ПРИ ПРИМЕНА НА СИСТЕМОТ ЗА ДИСПЕЧИРАЊЕ НА РУДАРСКА ОПРЕМА БАЗИРАН НА GPS ТЕХНОЛОГИЈАТА ВО РУДНИКОТ “БУЧИМ”

Ефектите од примената на GPS технологијата за диспечирање на рударската опрема можат да се поделат на: експлицитни и имплицитни.

7.1 Експлицитни ефекти

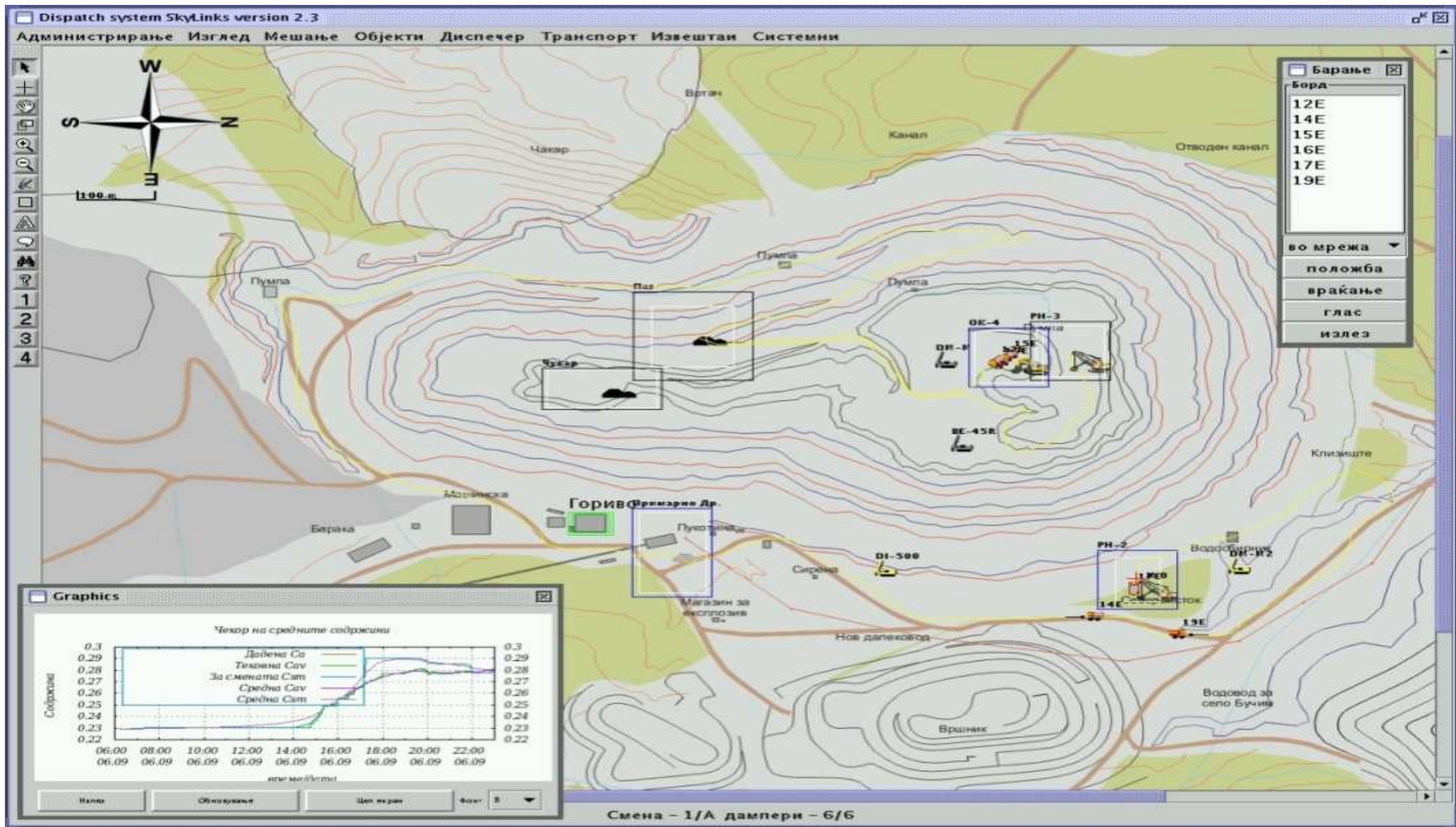
Главното мени на SkyLinks системот за диспечирање на опремата е прикажано на сл. 7.2.

Експлицитните или непосредно видливите ефекти се согледуваат во тоа што надзорниот систем SkyLinks генерирајќи податоци во реално време за позицијата на машините, сл. 7.3, маршрутите и динамиката на движење, оптоварувањето, времето на ефективна работа, времетраењето на поединечните работни фази (маневрирањето, товарењето, возењето на полн, возењето на празен, истоварењето), потрошувачката на гориво, за застоите, бројот на застои и режимот на ракување со машината, овозможува достигнување на повисоко ново на пратење (следење) и информирање за функционирањето на реалниот произведен систем во рудникот “Бучим”.

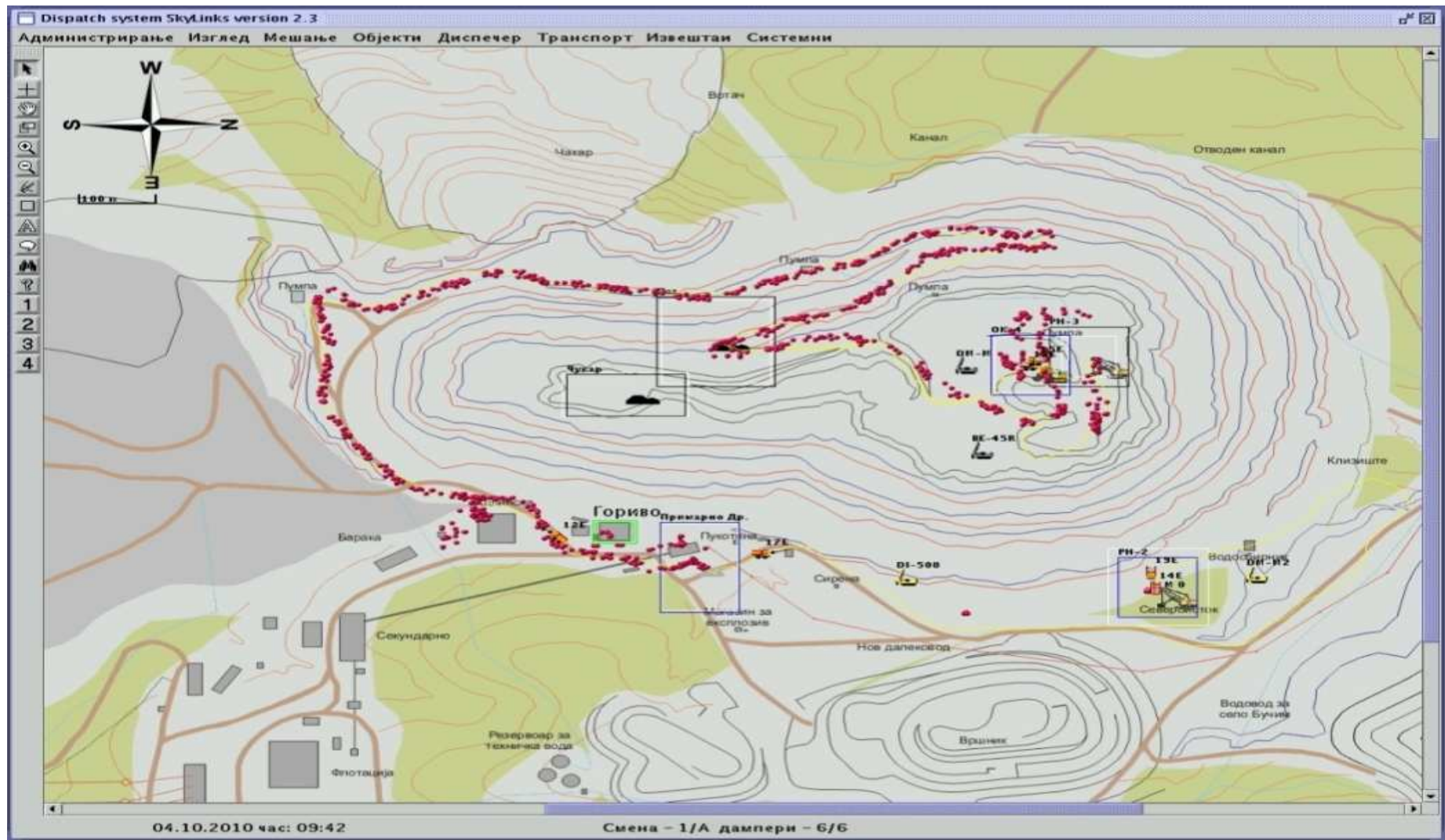
На сл. 7.1 е прикажана форма за поставување на параметрите на извештаите за технолошките параметри на рударската механизација, како и за рудникот во целост.

Извештај	Борд	МУ	МИ	Возач
Застои на дампер	9/неопр.	РН-1/неизч. простор	Примарно Др./руда	Костов, Костадин
Застои по МИ	12Е/руда	РН-2/0.196	Вршник/чеканье дампе	Коцев, Драги
Застои по МУ	14Е/руда	РН-3/јаловина	Јаловиште-1/јаловина	Коцев, Ристе
Застои по Пр.др.	15Е/руда	ОК-4/0.22	Јаловиште-2/јаловина	Мазнев, Славчо
Застои по ЦПТ	16Е/руда	Ризла/нема дамperi	Пат/јаловина	Марадинов, Зоран
Застои по булдожери	17Е/руда	Liabherr/примопредај	Браник/чеканье дампе	Мирко, Стефанов
Застои по возачи	19Е/руда		Јаловиште-1А/работа	Митев, Ванчо
Застои по дамperi	20/руда		Нов пат/примопредаја	Младенов, Блажо
Застои по дупчалки	21/јаловина		незададен/неопредел	Николев, Лазо
Застои по пумпи	22/јаловина		Јаловиште-3/чеканье д	Постолов, Димче
Застои по утоварачи	23/јаловина		Чукар/јаловина	Рабациски, Сашко
Извештај за геолози	24/јаловина			Рибаров, Панче
Извештај за грешки	31/неопр.			Ристов, Дејан
Извештај за дампер	61/неопр.			Ристов, Зоран
Извештај за дамperi	62/неопр.			Ристов, Јован Т
	63/неопр.			

Слика 7.1 Приказ на формата за поставување на параметрите на извештајот
Figure 7.1 Display of the form of setting the parameters of the report



Слика 7.2 Приказ на главното мени на системот за диспечирање SkyLinks (види Прилог II)
 Figure 7.2 Display of the main menu of the system of dispatching SkyLinks (see Appendix II)



Слика 7.3 Позиционирање на дамперите во Рудникот Бучим (види Прилог II)

Figure 7.3 Positioning of the trucks in the mine Buchim (see Appendix II)

Покрај претходно наведените информации во оваа докторска дисертација, некои параметри за подобрување на рудничкиот транспорт со примена на GPS технологијата во рудникот “Бучим” се прикажани во веќе произлезени трудови од оваа дисертација.

7.2 Имплицитни ефекти

Имплицитните корисни ефекти од воведувањето и примената на GPS подржаниот систем за диспечирање во рудникот “Бучим” се остваруваат со влијанието на операторите на машините (знаат дека се под надзор), а ова резултира со поодговорен однос кон извршувањето на поставените задачи, подобра работна дисциплина, и правилно и внимателно ракување со машините.

Со таквата работа доаѓа до намалување на трошоците за експлоатација, намалување на потрошувачката на гориво, намалување на трошоците за одржување на машините, зголемување на расположливоста на машините за работа и сл.

Резултатите добиени од експерименталните истражувања за примената на GPS подржаните надзорно-управувачки системи во рудниците со површинска експлоатација и пробната работа на системот SkyLinks во рудникот “Бучим” укажуваат на тоа дека може да се очекува:

- намалување на експлоатационите трошоци на товарно-транспортниот комплекс од 10% до 15%,
- зголемување на фондот на вкупното расположливо времена работа на товарно-транспортниот комплекс од 12% до 17%,
- зголемување на енергетската ефикасност на производниот систем од 5% до 7%, и
- зголемување на продуктивноста на работата на товарно-транспортниот комплекс од 25% до 30%.

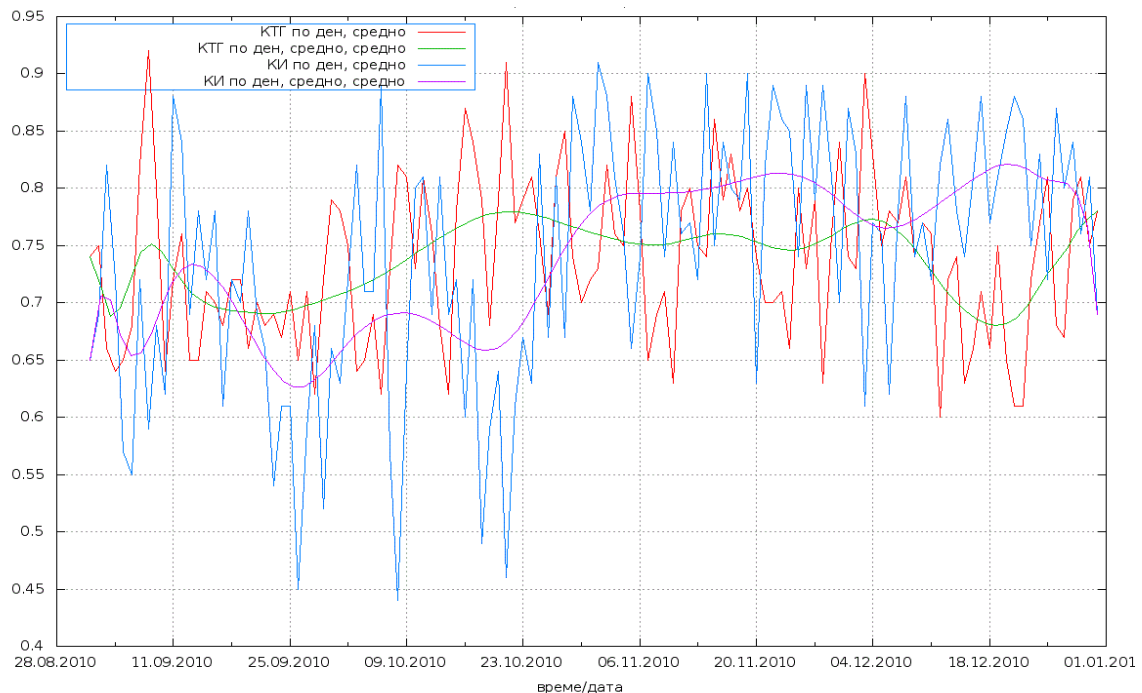
Пресметка на економскиот ефект од инсталирањето на системот SkyLinks во Рудниот “Бучим”

Конкретно за Рудникот Бучим според податоците отчитани од системот SkyLinks, за временскиот интервалот од 2010 до 2014 година, се искористени максимално песимистички оценки. Целта на пресметката е да се најде минимално возможна граница за економскиот ефект.

Резултатите се дадени во долната табела 7.1. Пресметките се направени во парична единица-евро. Вкупниот економски ефект се добива од зголемување

на коефициентот на временско искористување на дамперите. Не е пресметан ефектот од намалување на отстапувањата на потрошувачката на дизел горивото-не можат да се добијат точни споредби. Затоа е усвоено дека такви нема.

Дијаграм на застоите на дамперите во Рудникот Бучим на кои се инсталирани GPS приемници се прикажани на сл. 7.4. за 2010 година. Се забележува негово зголемување после инсталирањето на системот во времето на месеците август-септември во 2010 година и достигнување на негов максимум, во месец октомври, 2010 година. (зелена линија, сл. 7.4).



Слика 7.4 Дијаграм на застоите на дамперите во Рудникот Бучим на кои се инсталирани GPS приемници

Figure 7.4 Diagram of delays of trucks in which are installed GPS receivers in the mine Buchim

Падот на временското искористење на техничките средства (опремата) на крајот од месец декември е нормален поради новогодишните празници и влошувањата на работните услови. Годината 2010 сеуште беше критична поради имплементацијата на системот.

Вредностите од пресметките за анализата на економскиот ефект се дадени во табела 7.1, која е прикажана подолу. Појаснувањето за пресметките на поединечните параметри од анализата на економскиот ефект е следново:

Број на смени на ден = транспортниот систем во Рудникот Бучим работи во 3 смени на ден.

Времетраење на смена = работната смена на системот трае 7 часа, и се состои од: време за подготовка, извршување на транспорт и одмор.

Работни денови во годината = е разлика од вкупниот број на работни денови во годината намалени за неработните денови, односно празниците.

Календарски фонд на работни часови = (денови во годината) * (смени на ден) * (часови за смена).

Среден коефициент на искористување на машинскиот парк - е добиен од извештајот на системот.

Среден коефициент на техничка готовност (КТГ): е добиен од извештаите на системот. Тој е еднаков на вкупното време на дамперот минус часовите за ремонт и опслужување поделено со вкупните часови на дамперот во годината.

Средна брзина на движење (v_{sr}) - е добиена од извештаите на системот.

Среден поминат пат на смена (L_{sr}) - е добиен од извештаите на системот.

Средна потрошувачка на дизел гориво - е добиена од проспектоот на дамперот, [l/km].

Цена на дизел гориво = [евро/l] во моментот на пазарот.

Потрошувачка на дизел гориво на дампер за смена, [l/смена] = поминат пат во смена [km/смена] * средна потрошувачка на гориво [l/km]

Трошок на дизел гориво по дампер, за смена [евро/смена] = потрошувачка на дизел гориво [литри/смена] * цена на гориво [евро/l]

Нерамномерност во отстапувањето на дизел гориво = се усвојува 0, бидејќи нема податоци за Рудникот “Бучим”.

Поминат пат на дампер, за година [km/год.] = поминат пат за смена [km/смена] * работни денови во година [ден/год.] * бројот на смени во денот [смена/ден] * коеф. на техничка готовност (КТГ).

Потрошувачка на гориво, за година, за еден дампер [l/год.] = поминат пат [km/год.] * средната потрошувачка на дизел гориво [l/km].

Трошок на дизел гориво за еден дампер, за година [евро/год.] = претходната големина [l/год.] * цена на дизел горивото [евро/литар].

Вкупно отстапување на потрошувачката на дизел гориво [l] = се зема да биде еднакво на нула, нема податоци.

Вкупно отстапување на трошокот за дизел гориво [евро] = се зема да биде еднакво на нула, нема податоци.

Единечна вредност на дамперот [евро/дампер] = средна оценка. Се зема во предвид амортизираниот возен парк, но и употребата на нови дампери. Усвоена е приближна оценка за вредноста на дамперот.

Амортизација на дамперот [години] = средна годишна норма на амортизацијата. Вредноста е усвоена според пресметани податоци, иако некои дампери поодамна се отпишани, односно имаат вредност на амортизација еднаква на нула.

Трошок за амортизација на еден дампер [евро/год.] = вредност на дамперот [евро/дампер] / број на години на амортизација [години].

Трошоци за резервни делови и материјали [евро/год.] = приближна оценка, во вкупниот трошоци се вклучени и трошоците за: гуми, масла, филтри и други.

Трошоци за работна сила по дампер, за месец [евро/месец] = средна цена за работна сила во еден месец која вклучува: плати, осигурување и бонуси.

Трошоци за работна сила, по еден дампер, за година [евро/год.] = (број на смени+1 = број на шофери на еден дампер) * број на месеци во година * цената на работната сила за еден месец.

Вкупни трошоци за еден дампер, за година [евро/год.] = сума од трошокот за амортизација, работната сила, трошоците за ремонт и делови + трошокот за дизел горивото.

Вкупно производство од еден дампер изразено преку парични единици [евро/год.] = трошоците за еден дампер поделено со учеството на транспортните трошоци во цената на производството. Учеството на транспортните трошоци се проценува на 50% од вкупната цена на чинење на производството, за целиот рудник.

Трошок за застои, за еден час застој на дамперот [евро/h] = вкупни трошоци за дамперот поделено на часовите од календарскиот фонд на работно време. Не се пресметуваат загубите од неефективна работа - не реализирано производство.

Трошок за поминат пат [евро/km] = вкупни трошоци за дампер, за година, поделени со поминатиот пат на дамперот во година.

Дисконтна стапка [%] = средна дисконтна стапка за капитални вложувања. Може да варира вредноста на дисконтната стапка.

Учество на транспортните трошоци во производството [%] = средна оценка. Се користи за пресметка на вкупното производство како што беше прикажано погоре.

Финансиски загуба од застои, по еден дампер, за една година [евро/год.] = делот на застоите на дамперот, пресметан во зависност од коефициентот на искористување: $(1 - \text{КИ}/100) * \text{трошокот за застој}$.

Коефициент на искористување на транспортот (КИ) - оценка од моментот пред инсталирање на системот. Бидејќи не може да се измери пред воведувањето на системот е земена оценка од првите два месеца после воведувањето на истиот, кога системот веќе пресметува многу точно, но сеуште нема влијание врз работата, сеуште не се земени во предвид организациските мерки. Многу песимистичка оценка.

Коефициентот на искористување на транспортот после инсталирањето на системот (КИ). На сл. 7.4 јасно се гледа неговото зголемување. Но има и сезонски отстапувања. Се усвојува многу песимистичка оценка. И покрај сето ова економскиот ефект е доста голем.

Намаленост на потрошувачката на дизел гориво [l/год.]. Се зема во предвид нерамномерното отчитување на податоците од системот. Па, поради тоа овој параметар не се користи во пресметките за економичноста на системот.

Финансиски заштеди од елиминирани застои по еден дампер, за една година [евро/год.] = намалувањето на застоите како резултат на зголемувањето на коефициентот на искористување по вкупните загуби од дампер по разлика во проценти од зголемувањето на КИ (коефициент на искористување) по вкупните трошоци за еден дампер, за година. Се претпоставува дека трошоците за дамперот се прават со вградување или без вградување на системот. Но, зголеменото искористување на дамперот води до постигнување на подобар резултат со истите фиксни трошоци: за работна сила, ремонти, поминат пат, и дизел гориво.

Вкупна економичност на дамперот [евро/год.] = се пресметува само од намалувањето на застоите. Не се смета намалувањето од нерамномерното отстапување на дизел горивото.

Вкупен ефект од системот [евро/год.] = вкупната економичност на дамперот * бројот на дампера во истовремена работа.

Останати неопфатени во пресметката ефекти на системот = намалување на трошоците за обработка и анализа на податоците, подобрување на планирањето.

Табела 7.1. Анализа на годишниот економски ефект со примена на SkyLinks системот
 Table 7.1. Analysis of annual economic output by applying SkyLinks system

Ред.бр. Number	Параметар Parametar	Един. Мерка/Units	Вредност Value
1	број на смени	смена	3
2	времетраење на смената	h	7
3	работни денови во годината	ден	360
4	календарски фонд на часови годишно	h/год.	7560
5	среден коефициент на искористување на машинскиот парк		0,71
	среден коефициент на техничка готовност		0,70
6	средна брзина на движење	km/h	11,0
7	среден пат поминат во смена	km/смена	38,3
8	потрошувачка на дизел гориво по дампер	l/100 km	1000
9	цена на дизел горивото	евро/l	1,30
10	потрошувачка на дизел гориво по дампер за смена	l/смена	382,7
11	трошок за дизел гориво по дампер за смена	евро/смена	497
12	нерамномерност во отстапувањето на потрошувачката на дизел гориво	%	0,0
13	поминат пат за година, по дампер	km/год.	28.931
14	количество на потрошено дизел гориво за година по дампер	l/год.	289.314
15	трошок за дизел гориво на година по дампер	евро/год.	740.643
16	вкупно отклонување на потрош. на гориво за дампер	l	0
17	вкупно отклонување на трошокот на гориво за дампер	евро	0
18	единечна цена на дамперот, средно	евро/дампер	307.692
19	временска амортизација на дампер	години	8
20	трошок за амортизација на дампер за година	евро/год.	38.461
21	трошоци за делови и ремоти на дампер за година	евро/год.	110.769
22	трошоци за работна сила на дампер за месец	евро/месец	1.538
23	трошоци за работна сила на дампер за година	евро/год.	73.846
24	вкупен трошок за година по дампер	евро/год.	604.432
25	производство за година по 1 дампер (изразено преку парична вредност)	евро/год.	1.208.865
26	трошок за застои	евро/h	79,9
27	трошок за поминат пат	евро/km	20,9
28	дисконтна стапка	%/год.	6
29	учество на транспортните трошоци во производството	%	50
30	финансиски загуби од застои по еден дампер годишно	евро/год.	175.285
31	коефициент на временско искористување на транспортниот систем	%	71,0
32	коефициент на временско искористување на транспортниот систем со употреба на SkyLinks системот	%	76,0
33	намалување на потрошувачката на дизел гориво со примена на SkyLinks	%	0
34	количество на заштедено дизел гориво по 1 дампер годишно	l/год.	0
35	финансиски заштеди од заштедено дизел гориво по 1 дампер годишно	евро/год.	0
36	финансиски заштеди од елиминирани застои по 1 дампер годишно	евро/год.	21.155
37	вкупни финансиски заштеди од намалена потрошувачка на дизел гориво годишно	евро/год.	0
38	вкупни финансиски заштеди од елиминирани застои годишно	евро/год.	253.860
39	број на дампери во истовремена работа	дампер	12
40	Годишен економски ефект од примена на SkyLinks	евро/год.	253.860

Економските ефекти кои се остваруваат со примената на SkyLinks системот за управување со мобилната рударска опрема изразени на годишно ниво изнесуваат **253.860 евра** при невалкулирана заштеда на гориво и временско искористување на товарно-транспортниот систем од **76%**.

Со примена на SkyLinks системот временското искористување на транспортниот машински парк од 71% е зголемено на 76%, односно зголемувањето е за 5%. Тоа се должи на намалените погрешни рути, намалените застои како и подобрената организација на камионскиот транспорт. Како што можеше да се забележи од претходниот опис на системот со овој систем диспечерот пред себе на дигитализирана мапа има целосен преглед на моменталната локација на дамперите, што не беше случај кај стариот систем кога постоеше само говорна комуникација помеѓу операторот на дамперот и диспечерот. Исто така, со инсталирањето на овој систем многу е подобрена и работната дисциплина на операторите.

Некои од случаите каде што имаме заштеда од времето на транспортниот систем со примена на SkyLinks се наведени подолу:

- Во случај на настанат дефект на багерот со кој се врши утовар на руда или јаловина, диспечерот празните дамperi кои патувале кон овој багер ги насочува кон други багери, или истите се насочуваат кон проверки, контроли или сервисни услуги (машински или електро проверки), се со цел да нема загуби на време;
- Во текот на складирањето на рудата на отворен склад може да се случи истиот да биде наполнет со руда, во тој случај операторот во примарното дробење му јавува на диспечерот дека отворениот склад е полн и празните дамperi треба да се пренасочат кон багери кои вршат утовар на јаловина;
- При настанување на дефект на дампер кој моментно има заземено позиција за утовар, и истиот неможе да се дислоцира од местото на товарање, тогаш операторот на дамперот му јавува на диспечерот веднаш останатите дамperi да ги насочи кон други товарни пунктови, со цел да се заштеди на време и зголеми временското искористување на механизацијата, имајќи во предвид дека времето на отстранување на дефектот е случајна величина;
- Заштеди на време се добиваат и во самиот процес на диспечирањето на дамперите од страна на диспечерот, со тоа што тој благовремено ги информира возачите на дамперите за местото на разминување, имајќи во предвид дека дамперите можат да се разминат само на одредени места т.н. разминувалници.

Заштедата на финансиски средства ќе биде поголема со целосно имплементирање на системот за контрола на потрошувачката на дизел гориво, кој моментно е во фаза на изработка со следење на нивото на горивото во резервоарот.

Меѓутоа придобивките од инсталирањето на SkyLinks системот не треба да се согледуваат само низ призмата на економските ефекти, туку и низ призмата на сервисот што го дава овој систем на менаџерите од аспект на генерирање на голем број извештаи неопходни за менаџерското одлучување.

8. ОДРЕДУВАЊЕ НА НЕКОИ ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ НА МОБИЛНАТА ОПРЕМА ВО РУДНИКОТ “БУЧИМ”

8.1. Општи принципи за одредување на капацитетот на камионскиот транспорт

Капацитетот на товарно-транспортната мобилна опрема применета во Рудникот за бакар Бучим е многу значаен техничко-технолошки параметар од кој зависи економичноста при работењето на Рудникот. Во оваа докторска дисертација е анализиран капацитетот на транспортната опрема односно дамперите. Како што е познато капацитетот на транспортните средства со циклично дејство зависи од:

- Рударско-техничките фактори (капацитетот на копот, својствата на товарот, носивоста на подлогата, површините на работните платформи за утовар и истовар);
- Конструктивните карактеристики на патиштата (должина, радиус на кривина, наклон, квалитет на коловозната конструкција);
- Технологијата на откопување;
- Конструктивните и техничко експлоатационите својства на избраната механизација;
- Организацијата на работа;
- Транспортните шеми на површинскиот коп;
- Климатските и субјективни фактори, итн.

Капацитетот на камионот е производ од товарената маса во неговиот сандак Q_t и бројот на работни циклуси во единица време n_c , односно

$$Q_h = Q_t \cdot n_c = \frac{60 \cdot Q_t}{T_c} = \frac{3600 \cdot Q_t}{T_c} \left[\frac{t}{h} \right] \quad (8.1)$$

Масата на превезениот товар или корисната носивост на камионот се пресметува според образецот:

$$Q_t = V_s \cdot k_p \cdot \gamma_r [t] \quad (8.2)$$

Вкупното време на траење на циклусот на дамперот (T_c) е сума од времето на: товарење, активно возење на полн и празен дампер, времето на маневрирање и времето на истовар на материјалот, и во главно зависи од времето на активно возење на полн и празен дампер, односно од должината на транспортното растојание кое се менува со менување на положбата на откопните фронтови на етажите на површинскиот коп.

Ако во равенката (8.1) ја замениме вредноста за Q_t дадена во образецот (8.2), за капацитет на камионот ќе добиеме дека е:

$$Q_h = \frac{60 \cdot V_s \cdot k_p \cdot \gamma_r}{T_c} \left[\frac{t}{h} \right] \quad (8.3)$$

Каде се:

V_s – волумен на сандакот [m^3],

k_p – коефициент на полнење на сандакот на камионот,

γ_r – волуменска маса на рудата/јаловината во растресита состојба $\left[\frac{t}{m^3} \right]$,

T_c – време на траење на еден циклус на камионот [min].

Од формулата (8.1) се гледа дека транспортен капацитет на камионот зависи во главно од два параметри, и тоа: Q_t и T_c . Тоа значи дека тој представува функција од две независно променливи, односно ако замениме да е: $Q_h=Z$; $Q_t=X$; $T_c=Y$, тогаш ќе се добие функцијата со две варијабли (независно променливи):

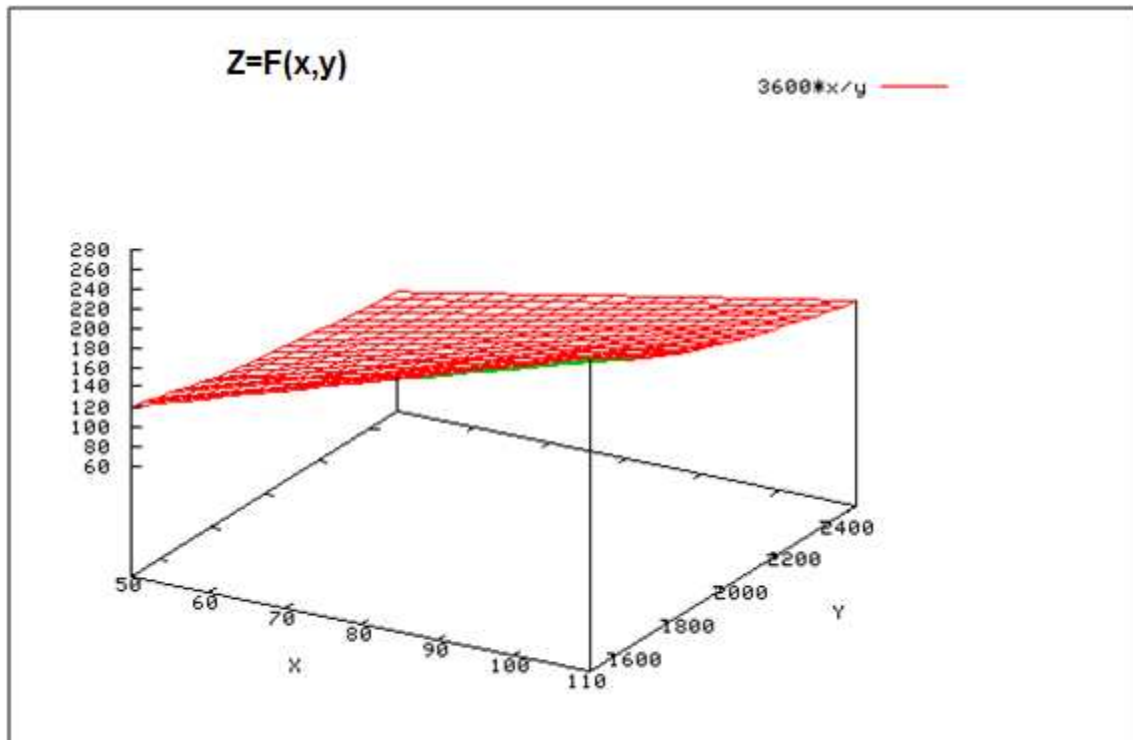
$$Z = 60 \cdot \frac{X}{Y} \left[\frac{t}{h} \right] \quad (8.4)$$

во случај да времето на траење на циклусот на камионот (T_c) е изразено во минути или:

$$Z = 3600 \cdot \frac{X}{Y} \left[\frac{t}{h} \right] \quad (8.5)$$

во случај да времето на траење на циклусот на камионот (T_c) е изразено во секунди.

Графикот на оваа двопараметарска функција $Z=f(X, Y)$ е закривена површина и тој е представен на сл. 8.1.



Слика 8.1 Дијаграм на зависноста на часовниот капацитет на камионот од превезениот товар и вкупното време на траење на циклусот на дамперот
 Figure 8.1 Diagram of the dependence hour capacity of cargo transported by truck and total duration of the cycle of damper

Нас не интересира дали оваа функција има екстремни вредности - максимум односно $z = 3600 \cdot \frac{x}{y}$ да е *max*. Извршена е математичка анализа во која е докажано дека оваа функција нема екстремни точки, а тоа всушност може да се види и од графикот прикажан на сл. 8.1.

За функцијата $z = 3600 \cdot \frac{x}{y}$ од две независно променливи x и y дефиниционата област е xOy рамнина, освен точките за кои е $y = 0$. Бидејќи променливите имаат практично значење доволно е испитување на оваа функција да се реализира само на првиот квадрант односно $x > 0$, $y > 0$ со што не се намалува општоста.

Познато е дека потребен услов за да една функција од две независни променливи има екстрем е да има стационарни точки, или точки на можни екстреми, кои се добиваат со решавање на системот од равенките
$$\begin{cases} z'_x = 0 \\ z'_y = 0 \end{cases}$$
.

Како е $z'_{xx} = \frac{3600}{y}$ и $z'_{yy} = \frac{-3600x}{y^2}$ првата равенка нема решение, додека втората е еднаква на нула за $x=0$

Ако се определат вторите парцијални изводи $z''_{xx} = -\frac{3600}{y^2}$, $z''_{yy} = \frac{7200}{y^3}$ и се

заменат вредностите во детерминанта $\Delta = \begin{vmatrix} z''_{xx} & z''_{xy} \\ z''_{xy} & z''_{yy} \end{vmatrix}$ се добива

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0 & -\frac{3600}{y^2} \\ -\frac{3600}{y^2} & \frac{7200x}{y^3} \end{vmatrix} = -\left(-\frac{3600}{y^2}\right)^2 < 0, \text{ односно функцијата нема екстрем.}$$

Тоа не значи дека функцијата нема најмала, односно најголема вредност над областа на конкретните вредности од истражуваниот проблем.

При камионскиот транспорт на површинските копови разликуваме три вида на капацитети и тоа:

теоретски,
технички и
експлоатационен капацитет.

Теоретскиот (максимален или конструктивен) е капацитетот кој би го остварило транспортното средство кога тоа би работело постојано (без задржување, маневрирање и чекање) и коефициент на полнење $k_p=1$. Најчесто податокот за овој вид на капацитет се користи исклучително при избор на камион, при што се врши споредување на конструктивните карактеристики на повеќе модели на камиони.

Техничкиот капацитет е капацитетот кој се реализира во конкретни работни услови во зависност од ефективното работно време и сите останати релевантни фактори. Тој најчесто ни служи како основа за пресметка на експлоатациониот капацитет, како и за споредбена анализа на различни шеми на транспорт, товарење и истоварење на материјалот. Техничкиот капацитет се пресметува според претходно дадената равенка 8.3.

Експлоатациониот капацитет е капацитетот кој се остварува за време на вкупното работно време во конкретни работни услови, во функција од сите релевантни фактори (фактор на полнење, фактор на временско искористување и др.) Овој капацитет се пресметува за временски интервали од еден час до една година. Образецот за пресметка на експлоатациониот или реално остварливиот капацитет е:

$$Q_h = \frac{60 \cdot Q_t \cdot K_{vi}}{T_c} \left[\frac{t}{h} \right] \quad (8.6)$$

Каде што K_{vi} претставува коефициент на часовно временско искористување и во главно зависи од условите на експлоатација.

За прецизни пресметки на експлоатациониот капацитет многу е значајно точно да се знае колкава е вредноста на коефициентот на временско искористување. Вредностите на овој коефициент во зависност од условите на експлоатација се прикажани во долната табела 8.1.

Табела 8.1 Вредностите на коефициентот на часовно временско искористување во зависност од условите на експлоатација

Table 8.1 The values of the coefficient of hours usage time depending on the conditions of exploitation

Услови на експлоатација	Коефициент, K_{vi}	Ефективни минути на час
добри	0,92	55
просечни	0,83	50
лоши	0,67	40

8.2 Одредување на капацитетот на камионскиот транспорт во Рудникот за бакар “Бучим”

Податоците кои ги генерира системот за управување со мобилната опрема во Рудникот Бучим-SkyLinks се искористени за одредување на техничкиот и експлоатациониот часовен капацитет на камионскиот транспорт во Рудникот.

Како предмет на истражување беа земени дамперите бр.17 и бр.19, со технички карактеристики прикажани во глава 6. Овие дамperi беа репрезент на камионскиот транспорт во Рудникот Бучим, и за нив беше прибран соодветен број на податоци, прикажани во прилог I, табела 1.

Како што напоменавме претходно техничкиот капацитет на камионот најмногу зависи од превезениот товар и времето на траење на циклусот на камионот.

Товарот или ископината која се превезува при еден циклус на дамперот е многу варијабилен параметар кој зависи од многу фактори и тоа: гранулометрискиот состав, влажноста на материјалот, волуменската маса на материјалот, коефициентот на полнење на сандакот, волуменот на сандакот односно носивоста на дамперот и др. Меѓутоа овој параметар е многу битен при планирањето на транспортниот капацитет на транспортниот систем на рудникот,

а преку него и планирањето на производниот капацитет на рудникот (часовен, сменски или годишен).

Со цел да се усвојат релеватни и точни податоци за пренесениот товар во еден циклус на дамперот во фазата на планирање неопходно е да се извршат претходни статистички анализи на овој параметар со користење на податоци од базите на податоци кои ги генерира GPS системот, а се разбира со користење софтверски алатки за статистичка обработка на податоци.

Исто така, многу битен параметар при одредувањето на часовниот камионски транспортен капацитет на корисна минерална суровина или јаловина е и времето на траење на циклусот кој го извршува камионот, вклучувајќи ги во себе: времето на активно возење на празен камион, времето на товарење, времето на маневрирање при товарење, времето на активно возење на полн камион, времето на маневрирање при истоварање, времето на истоварање и др.

Најголемо влијание на вредноста на времето на траење на циклусот на камионот има времето на активно возење на полн и празен камион кои се во директна зависност од растојанието помеѓу утоварното и истоварното место. Како што може да се забележи од претходното и овој технички параметар на камионскиот транспорт е зависен од голем број на фактори, па поради тоа е потребна негова статистичка анализа.

Со проблемот на статистичка обработка на масата на пренесениот товар во еден транспортен циклус на дамперот и времето на траење на еден циклус во Рудникот Бучим се занимавал проф. д-р. Ј. Живановиќ [11], користејќи ги податоците од компјутерот инсталиран во самите дамperi и тој дошол до сознание дека времетраењето на циклусот на дамперот се потчинува на нормалната распределба.

Пред да ја презентираме статистичката анализа на параметрите влијателни на капацитетот на камионскиот транспорт во продолжение на текстот ќе дадеме краток осврт за основните теоретски принципи и поими од статистиката.

8.2.1. Теоретски основи на статистичка анализа

8.2.1.1 Прелиминарност

Современата математичка статистика може да се дефинира како наука која овозможува донесување на одлуки и решенија во услови на неопределеност. За таа цел во статистиката се развиени методи за добивање, опишување и обработка на статистички податоци, со кои можат да се определат закономерности во случајни масовни појави.

Според тоа, првата задача на математичката статистика е да укаже на методите на собирање и групирање на податоци, кои се добиени како резултат на набљудување на некој процес и за таа цел или потекнуваат од за таа цел дизајниран експеримент.

Друга задача на статистиката е разработка на методите за анализа на податоците во зависност од целта на истражување. Во овој дел се јавуваат следните проблеми:

- a) Оценка на непозната функција на распределба $F(x)$ врз основа на статистичките податоци во случајната величина X која е претставена со податоците (x_1, x_2, \dots, x_n) . Врз основа на тие податоци треба да се определи закон на распределба (биномен, експоненцијален, нормален и др.) што е еквивалентно на хипотезата дека функцијата на распределба $F(x)$ припаѓа на одреден тип на распределба
- b) Проверка на статистичките хипотези за обликот на непознатиот закон на распределба или за параметрите на законот на распределбата ако обликот им е познат.

8.2.1.2 Основно множество и примерок

Нека е потребно да се проучи некое множество од податоци во однос на некои квалитативни и квантитативни карактеристики. Квалитативните карактеристики уште се нарекуваат и атрибутивни, а квантитативните нумерички. На пример, ако го испитуваме системот багер-дампер квалитативна карактеристика може да биде стандардизираност, а квантитативната, времетраење на поедини операции или времетраење на целиот циклус.

Основното множество или популација се нарекува множество од сите објекти од кои се земаат податоците. Примерок е множество од случајно избрани објекти од општото множество. Број на елементи во основното множество се означува со N , а во примерок со n и притоа $n \ll N$. Броевите N и n се нарекуваат обем (големина) на основното множество, односно на примерокот.

Нека е образуван еден случаен примерок од X од n единици. Нека со X_i ја означиме вредноста на i -ти од извадок ($i = 1, 2, 3, \dots, n$). За да ја оцениме непознатата функција на распределбата $F(x)$ (или функција на густина $f(x)$ кога се работи за непрекината случајна големина) формираме табела од два реда и n колони во која во првиот ред се дадени редни броеви, а во втората вредности од примерокот.

Табела 8.2.1 Основна статистичка табела

Table 8.2.1 Basic statistical table

i	1	2	3	...	n
X_i	x_1	x_2	x_3	...	x_n

За да се направи визуелна оценка на случајната величина X треба да се изврши групирање на податоците. Ако се работи за дискретна случајна величина резултатите се подредени во растечки редослед и се пресметуваат фреквенциите f_i или релативните фреквенции f_i/n . Како резултат се добиваат следните две табели.

Табела 8.2.2 Распределба на фреквенции

Table 8.2.2 Distribution of frequencies

X_i	x_1	x_2	x_3	...	x_k
f_i	f_1	f_2	f_3	...	f_k

Табела 8.2.3 Распределба на релативни фреквенции

Table 8.2.3 Distribution of relative frequencies

X_i	x_1	x_2	x_3	...	x_k
f_i/n	f_1/n	f_2/n	f_3/n	...	f_k/n

Притоа е исполнето $\sum_{i=1}^k f_i = n$ и $\frac{\sum_{i=1}^k f_i}{n} = 1$

Бројот на интервалите се избира произволно, но тој не треба да биде помал од 5.

Дефиниција: Статистичка функција на распределба на случајна променлива X се нарекува закон на промена на релативна фреквенција и е од обликот:

$$F^*(X) = P^*(X < x) = \frac{n_x}{n}$$

Каде што n_x е број x_i помал од x , а n обем на примерокот.

Од теоремата на Бернули следува дека за доволно големо n функциите:

$F^*(X)$ и $F(x) = P(X < x)$ малку се разликуваат, односно важи равенството:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P[|F(x) - F^*(x)| < \varepsilon] = 1, (\varepsilon > 0)$$

Статистичката функција на распределба има исти својства како и теориската функција $F(x)$, а тоа се:

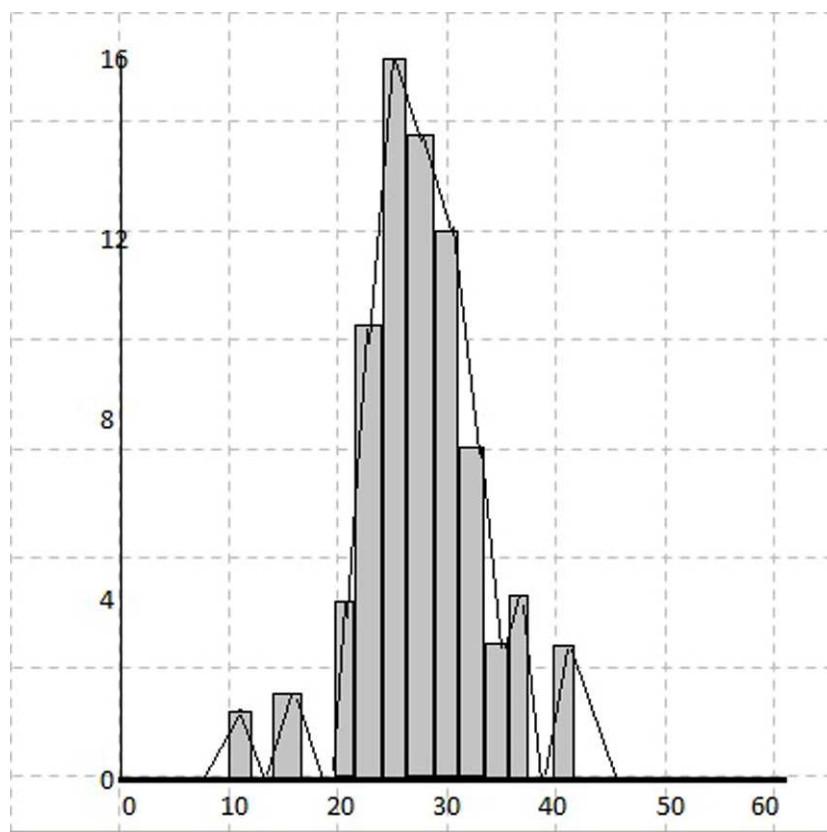
1. $0 \leq F^* \leq 1$
2. F^* е монотонно неопаднувачка функција
3. Ако е x_i најмала, а x_n најголема вредност, тогаш $F^*(x) = 0$ за $x \leq x_i$, а $F^*(x) = 1, x \geq x_n$

За разлика од теориска функција на распределба $F(x)$, статистичка функција на распределба $F^*(x)$ е различна за различни примероци. Основа вредност на функцијата $F^*(x)$ е таа што се користи за оценка на теориската функција на распределба $F(x)$.

За графичко претставување се користат полигон, хистограм и кумулативно претставување.

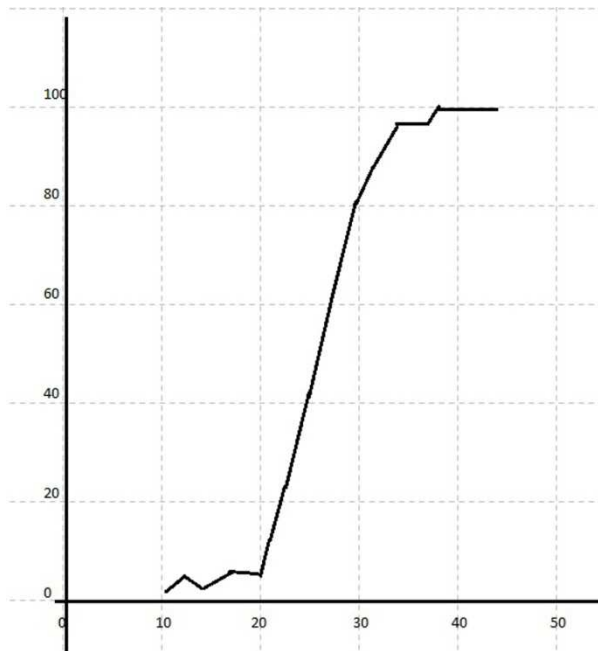
Полигон се конструира така што во декартов правоаголен координатен систем се нанесуваат точките $(x_1, m_1), (x_2, m_2), \dots, (x_n, m_n)$ кои потоа последователно се спојуваат со искршена линија.

Хистограм е степенеста фигура која се состои од правоаголници на кои основата им е еднаква на должината на интервалот h , а висината m_i/nh , така да нивната плоштина е еднаква на релативна фреквенција, а нивната вкупна површина е еднаква на 1. Графички приказ е даден на сл. 8.2.



Слика 8.2 Полигон (линија) и хистограм (правоаголници) на фреквенции
 Figure 8.2 Range (line) and histogram (rectangles) of frequency

Кумулативен полигон на фреквенции или на релативни фреквенции се конструира така што во Декартов правоаголен координатен систем на апсцисната оска се нанесуваат апсцисните на точките $(x_1, m_1), (x_2, m_2), \dots, (x_n, m_n)$ а на ординатна оска кумулирани (збирни) вредности. Кумулирана вредност во точката x е збир на фреквенциите од сите точки кои се помали од x , односно тоа се вредности на функцијата $F^*(x)$. Графички приказ е даден на сл. 8.3.



Слика 8.3 Полигон на кумулативни релативни фреквенции
Figure 8.3 Polygon of cumulative relative frequencies

Хистограмот од сл. 8.2 ја покажува Гаусовата крива, така да може да се постави хипотеза за нормална распределба.

Функција на распределба за општа нормална распределба е дадена преку интегрална форма, односно

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \text{EXP} \left[\frac{-(u - \mu)^2}{2 \cdot \sigma^2} \right] du$$

Каде што се:

- μ пресметана средна вредност;
- σ пресметана дисперзија;
- x, u независни променливи.

Поради обликот на функцијата се јавува проблем за пресметување на соодветни стохастички вредности. Најчесто се користат готови табели кои се прилог на секоја книга од областа на статистика, или се користи соодветен софтвер.

8.2.1.3 Точкасти оценки

Во овој дел се изложени основни формули за пресметување на оценки на параметрите кои се користени при статистичка анализа.

Мода (M_o) представува најчесто појавувана вредност. Таа е неалгебарска средна величина уште позната и како средина на распределбата на густината на функцијата.

Средна геомеотриска величина (Geometric mean) (\bar{X}) се пресметува по формулата:

$$\bar{X} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots x_n} = \left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{1/n}$$

Отстапување (Variance) (σ^2) претставува апсолутна мерка за расејувањето помеѓу вредностите од примерокот од средната аритметичка вредност. Се пресметува по формулата:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Стандардизирано (средноквадратно) отстапување (σ) е корен од дисперзијата.

Коефициент на варијација (Coeff. of variation) (V_s) претставува релативна мерка на расејувањето. Се пресметува по формулата

$$V_s = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

Најчесто се користи кога други карактеристики (дисперзија и средноквадратно отстапување) не се познати.

Стандардна грешка (Standard error) е стандардно отстапување на распределбата на примерокот на статистиката. Овој термин исто така може да се користи за проценка на стандардната девијација, добиена од одреден примерок кој се користи за да се даде проценка.

Стандардна грешка на средната вредност може да се однесува на проценка на стандардната девијација, пресметана од примерокот на податоци кои се анализираат во тоа време.

Се пресметува со следната равенка

$$SE_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Каде s е стандардно отстапување и n е број на набљудувања.

Ранг (range) на одреден број податоци е разликата меѓу најголемата и најмалата вредност. Ранг на расејувањето d е една од мерките на расејувањето, а се пресметува како

$$d = x_{\max} - x_{\min}$$

Квартили на распределбата (Q_1, Q_2 и Q_3) ја делат распределбата на четири еднакви дела. Првиот квантил Q_1 представува вредност на x_i до која се достига $\frac{1}{4}$ (25%) од распределбата. Вториот квантил е всушност медијаната т.е. $Q_2 = Me$. Третиот квантил Q_3 представува вредноста на x_i до која се достига $\frac{3}{4}$ (75%) од распределбата.

Медијана (Me) претставува неалгебарска средна величина. Таа ја дели распределбата на два дела, а нејзината положба е до 50% од распределбата. Медијаната се карактеризира со поголема стабилност како оцена на центарот на распределбата при значителни отстапувања („пикови“ при голема асиметрија и ексцес на распределбата).

Нека податоците од примерокот се подредени во неопаднувачки редослед $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n$. Медијаната се пресметува по следните формули:

$$M_e = x_i, i = \frac{n+1}{2} \text{ кога } n \text{ е непарен број,}$$

$$M_e = \frac{x_i + x_{i+1}}{2}, i = \frac{n}{2} \text{ кога } n \text{ е парен број.}$$

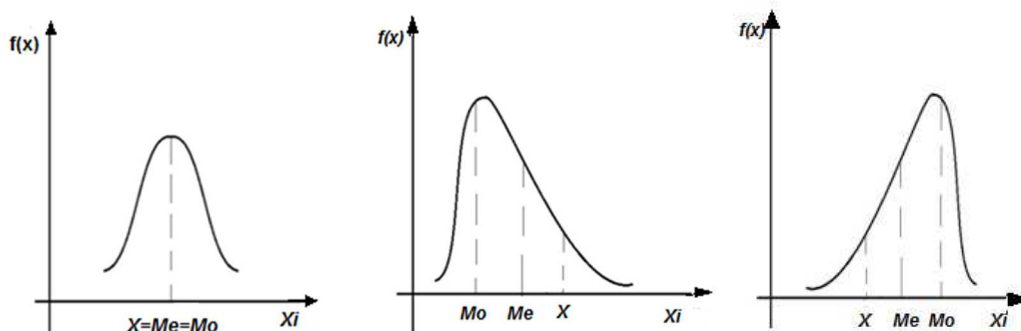
Коефициент на асиметрија (Skewness) се пресметува по формулата

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\sigma^3} \cdot \frac{n}{(n-1) \cdot (n-2)}$$

Коефициент на асиметријата (A) го дава степенот на отклонување (асиметрија) на распределбата во однос на центарот на распределбата. Кога

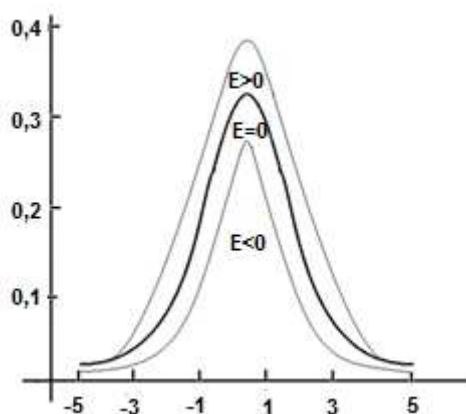
$A = 0$ распределбата е симетрична. Кога $A > 0$ распределбата има десна (позитивна) асиметрија, т.е. левиот дел од графикот е подолг.

Стандардизиран коефициент на асиметрија (Stand. Skewness) (A_s) се користи за приближна процена на отстапувањето на анализирана распределба со соодветна теориска нормална распределба. За практични примени можат да се користат границите $-2 \leq A_s \leq 2$, кога може да се тврди дека анализираната распределба е блиска до нормалната (сл.8.4)



Слика. 8.4 Стандардизиран коефициент на асиметрија
Figure. 8.4 Standard skewness

Коефициент на ексцес (Kurtosis) претставува мерка на сплесканост на анализирана распределба. Кога тој е еднаков на нула $E = 0$ ексцесот е нормален. Кога $E > 0$ ексцесот е над нормален, односно соодветната крива е пострмна во однос на кривата на нормална распределба, а кога $E < 0$ тој е под нормален, односно соодветната крива е сплескана. Графички приказ е даден на сл. 8.5.



Слика. 8.5 Коефициент на ексцес
Figure. 8.5 Kurtosis

Стандардизиран коефициент на ексцес (Stand. Kurtosis) (E_s) се користи за приближна проверка на анализираната распределба. Ако тој се движи во границите $-2 \leq E_s \leq 2$ може да се смета дека распределбата е поблиску до нормалната.

Поделбата на суми на квадрати (sums of squares), е концепт што се шири многу во инференцијалната статистика и дескриптивната статистика. По соодветно е поделба на суми на квадратни отстапувања или грешки. Математички збирот на квадратни отстапувања е неизмерена, или не регулирана мерка на дисперзија (исто така наречени варијабилности).

Поделбата на збирот на квадратираните отстапувања во различни компоненти овозможува на целокупната варијабилност на базата на податоци да се препишуваат различни видови или извори на варијабилност, со релативната важност на секој да биде квантифициран со големината на секоја компонента на севкупниот збир на квадрати.

Разликата од било кој податок до средната вредност се нарекува девијација. Ова може да биде искажано со формула $y_i - \bar{y}$, каде y_i е i -тиот податок, а \bar{y} е проценетата средна вредност. Доколку сите податоци се квадрирани и потоа сумирани се добива сумата на квадрати за тие податоци:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Кога се работи со непознат примерок за некоја случајна величина X , нам не ни е познат соодветниот теориски закон на нормална распределба, но можеме да претпоставиме дека е од некој познат облик. Така и поставуваме хипотеза за закон за нормална распределба на случајни величини.

Статистичката хипотеза се нарекува непараметарска ако се однесува на обликот на законот на распределба. Статистичката хипотеза е параметарска ако се однесува на оценка на параметрите на законот на распределба со познат облик.

Паралелно со поставување на хипотеза која се нарекува нулта (H_0), се разгледува алтернативна хипотеза (H_1). Со нулта хипотеза тврдиме дека не постојат значителни разлики помеѓу величините кои ги споредуваме, односно до разлики доаѓа од случајни величини.

Алтернативната хипотеза е конкурентна на нултата во тој смисол, ако нултата се отфрла се прифаќа алтернативната. Подолу се дадени тестови со кои се опфаќа една статистичка анализа.

t-тест

T-тестот се користи за да се утврди дали две множества на податоци се значително различни едни од други, и најчесто се применува кога тестот на статистиката следи нормална дистрибуција, и е позната вредноста на ширењето во тест статистиката.

Овој тест е најчесто употребуван параметриски тест на значајноста за тестирање на нултата хипотеза. Со користи за тестирање на значајноста на разликите помеѓу две аритметички средини.

За да се примени t-тестот двете променливи што се тестираат мора да се нумерички и доколку големината на примерокот е помала од 30 единици, распределба треба да биде нормална или барем симетрична.

За негова реализација потребно е да се познаваат параметрите на статистичката маса: големина на примерокот (n), стандардната девијација (SD) и аритметичката средина (\bar{X}).

Не е потребно да ја знаеме променливоста на примерокот, бидејќи тестирањето на хипотези за аритметичка средина на примерокот најчесто се одвива во услови кога варијансата на примерокот е непозната. Во такви услови варијансата на примерокот ја проценуваме врз основа на примерокот, односно грешката на оценката на аритметичката средина на примерокот ја пресметуваме врз основа на стандардната девијација на примерокот по следнава формула:

$$SG = \frac{SD_{pr}}{\sqrt{n-1}}$$

каде $n-1$ се степени на слобода.

Под услов примерокот да има нормалена распределба или $n > 30$, а варијансата на примерокот не е позната, тестирањето на хипотезата се заснова на t-тест и се користи следнава формула:

$$t = \frac{\overline{X_{pr}} - \overline{X_{om}}}{SD_{pr} / \sqrt{n-1}}$$

каде \bar{X} е хипотетична, однапред позната вредност.

T-тестот се користи и за тестирање на разликите меѓу аритметички средини на два големи или два мали примерока, каде неговата вредност е количник од разликата на аритметичките средини и стандардната грешка на оценката на таа разлика:

$$t = \frac{\overline{X_1} - \overline{X_2}}{SD_{X_1-X_2}}$$

Како што веќе покажавме: Ако разликите на аритметичката средина на примерокот се распоредат симетрично околу точните разлики, тогаш е логично и нивните стандардни грешки да имаат нормална распоределба.

Sign test

Во статистика, Sign тестот може да се користи за тестирање на хипотезата кога разликата на средината е нула помеѓу континуираните дистрибуции на две случајни променливи X и Y , во ситуација кога можеме да извлечеме поврзани примероци од X и Y . Овој тест е не-параметарски тест бидејќи прави многу малку претпоставки за природата на променливоста на тестот - ова значи дека има многу општа применливост.

Нека $p = \Pr(X > Y)$, а потоа тестирање на нула хипотеза $H_0: p = 0.50$. Со други зборови, нултата хипотеза вели дека со земање на случаен пар на мерења (x_i, y_i) , тогаш x_i и y_i се подеднакво веројатни да бидат поголеми од претходните.

За да ја тестирате нултата хипотеза, независен пар примероци на податоци се собираат $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$. Парови за кои не постои никаква разлика се испуштаат, така што постои можност за намален број на примероци од n парови.

Тогаш нека W биде бројот на парови за кои $y_i - x_i > 0$. Претпоставувајќи дека H_0 е точно, тогаш за W следи биномна дистрибуција $W \sim b(m, 0.5)$.

Chi-square test

Овој тест (χ^2) е статистички тест кој наоѓа примена кај групи на категорични податоци за оценување на било која набљудувана разлика меѓу податоците и претставува параметар на примерокот.

Пресметката на χ^2 е дадена со следната равенка

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Каде:

O_i = набљудувана или емпириска фреквенција;

E_i = очекувана или теориска добиена фреквенција, со користење на нултата хипотеза;

n = број на податоци кој мора да е поголем од 5.

Вредноста χ^2 не може да биде негативна. Најмалата вредност и е еднаква на нула кога емпириската и очекуваната фреквенција се еднакви, односно кога тие се поклопуваат.

Степените на слобода на χ^2 тестот се дадени со изразот $df = n - l - k$ каде k е број на параметрите на распределбата определен од податоците.

8.2.2 Статистичка анализа на податоци за факторите влијателни на пресметката капацитетот на дамперот

Во следниов текст од оваа дисертација е извршена статистичка анализа на податоци за следниве параметри:

- превезена маса во еден циклус на камионот и
- вкупно време на траење на циклусот на камионот.

Притоа е користена програмата за статистичка обработка на податоци Statgraphics.

8.2.2.1 Статистичка анализа на превезен товар во еден циклус на дамперот бр. 17

Статистичка анализа на превезена руда со дампер бр. 17

Одреден број од изворните податоци за превезената руда со дампер бр. 17 која е товарана од багер РН-3, а генерирани од системот SkyLinks се прикажани во табела 1, во прилог бр. I. Во продолжение на текстот се дадени резултатите од статистичката анализа, односно утврден е видот на распределбата на веројатностните на појавување на случајната величина, превезена руда во еден циклус.

Во понатамошна обработка и анализа на податоците не се земени во предвид следниве циклуси (во прилог бр. 1, табела 1 означени со црвена боја):

- Циклус бр.1563928 и бр.1563983 кај кои превезената рудна маса изнесува 109,1 t/циклус поради товарени крупни парчиња на руда.

Варијабилна анализа - Превезена руда во циклус

Варијабилен податок: Превезена руда со дампер бр. 17 во циклус со анализирани 1369 нумерички вредности при кои масите на пренесениот товар на дамперот во еден циклус варираат од 59,7 до 109,2 t/циклус.

Табеларно се прикажани вредности за точкасти оценки на распределбата како што се средна аритметичка вредност, медијана, мода, средна геометриска вредност, варијанса, дисперзија, стандардно средно- квадратно отстапување, минимална и максимална вредност на примерокот, ранг, квантили, екцес (табела 8.2.2.1).

Во примерокот има 1369 вредности, средна вредност (аритметичка средина) е 95.4064. Една од половина од вредностите се со медијана (95.1) а најчесто појавувана вредност (мода) изнесува 100.0. Стандардизирани коефициенти на асиметријата и екцесот укажуваат на многу мало отклонување од нормалното.

Како појдовна основа за графичкото прикажување на резултатите од статистичката анализа е групирање на податоците во однос на фреквенциите. За овој примерок податоците се распределени во 32 групи, што е претставено во табела 8.2.2.2.

Табела 8.2.2.1 Преглед на статистика за превезена руда со дампер бр.17 во t/циклус
Tabela 8.2.2.1 Summary statistics for transported ore by damper No.17 in t/cycle

Count/ Број циклуси	1369
Average/ Просек	95.4064
Medium/ Средина	95.1
Mode/ Мода	100.0
Geometric mean/ Геометриска средина	95.334
Variance/ Отстапување	13.285
Standard deviation/ Стандардна девијација	3.64485
Coeff. of variation/ Коефициент на варијација	3.82034%
Standard error/ Стандардна грешка	0.0985096
Minimum/ Минимум	59.7
Maximum/ Максимум	109.2
Range/ Ранг	49.5
Lower quartile/ Долен квартал	93.1
Upper quartile/ Горен квартал	97.5
Interquartile range/ Интерквартаен опсег	4.4
Skewness/ Асиметрија	-1.02605
Stand. Skewness/ Стандардизирана Распределба	-15.4987
Kurtosis/Коефициент на екцес	12.9926
Stand. Kurtosis/ Стандарден коефициент на екцес	98.1281
Sum/Збир	130611
Sum of squares/Збир на квадрати	1.2479E7

Табела. 8.2.2.2 Фреквентна табела за пренесена руда со дампер бр. 17 во t/циклус
Table 8.2.2.2 Frequency table of transported ore by damper No.17 in t/cycle

Class/ Класа	Lower Limit/ Долен лимит	Upper Limit/ Горен лимит	Midpoint/ Средина	Frequency/ Фреквенција	Relative Frequency/ Релативна фреквенција	Cumulative Frequency/ Кумулативна фреквенција	Cum. Rel Frequency/ Кум. Рел. фреквенција
	at or below	57,0		0	0.0000	0	0.0000
1	57.0	58.875	57.9375	0	0.0000	0	0.0000
2	58.885	60.75	59.8125	2	0.0000	2	0.0015

3	60.75	62.625	61.6875	0	0.0000	2	0.0015
4	62.625	64.5	63.5625	0	0.0000	2	0.0015
5	64.5	66.375	65.4375	0	0.0000	2	0.0015
6	66.375	68.25	67.3125	0	0.0000	2	0.0015
7	68.25	70.125	69.1875	0	0.0000	2	0.0015
8	70.125	72.0	71.0625	0	0.0000	2	0.0015
9	72.0	73.875	72.9375	0	0.0000	2	0.0015
10	73.875	75.75	74.8125	0	0.0000	2	0.0015
11	75.75	77.625	76.6875	0	0.0000	2	0.0015
12	77.625	79.5	78.5625	0	0.0000	2	0.0015
13	79.5	81.375	80.4375	0	0.0000	2	0.0015
14	81.375	83.25	82.3125	0	0.0000	2	0.0015
15	83.25	85.125	84.1875	1	0.0007	6	0.0022
16	85.125	87.0	86.0625	3	0.0022	17	0.0044
17	87.0	88.875	87.9375	11	0.0080	109	0.0124
18	88.875	90.75	89.8125	92	0.0672	264	0.0796
19	90.75	92.625	91.6875	155	0.1132	573	0.1928
20	92.625	94.5	93.5625	309	0.2257	880	0.4186
21	94.5	96.375	95.4375	307	0.2243	1086	0.6428
22	96.375	98.25	97.3125	206	0.1505	1251	0.7933
23	98.25	100.125	99.1875	165	0.1205	1323	0.9138
24	100.125	102.0	101.0625	72	0.0526	1355	0.9664
25	102.0	103.875	102.9375	32	0.0234	1364	0.9898
26	103.875	105.75	104.8125	9	0.0066	1365	0.9963
27	105.75	107.625	106.6875	1	0.0007	1369	0.9971
28	107.625	109.5	108.5625	4	0.0029	1369	1.0000
29	109.5	111.375	110.4375	0	0.0000	1369	1.0000
30	111.375	113.25	112.3125	0	0.0000	1369	1.0000
31	113.25	115.125	114.1875	0	0.0000	1369	1.0000
32	115.125	117.0	116.0625	0	0.0000	1369	1.0000
	above	117.0		0	0.0000	1369	1.0000
Mean=95,4064 Standard Deviation (Стандардна девијација)= 3,6448							

Резултатите се дадени по следниот редослед: број на класа, долна граница, горна граница, средна вредност на класата, фреквенција, релативна фреквенција, кумулативна фреквенција и релативна кумулативна фреквенција.

Податоците од табела 8.2.2.2. графички се прикажани на следните слики (сл. 8.6, 8.7 и 8.8).

T-тестот ја тестира нултата хипотеза дека средната вредност на масата на превезена руда со дампер бр.17 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека средната вредност на масата на превезена руда со дампер бр.17 не е еднаква на нула.

Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба. Sign тестот ја

тестира нултата хипотеза дека медианата за превезена маса на руда со дампер бр.17 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата на превезена маса на руда со дампер бр. 17 не е еднаква на нула.

Тоа е засновано на пребарувањето на бројот на вредности над и под претпоставената медиана. Бидејќи p -вредноста за овој тест од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба.

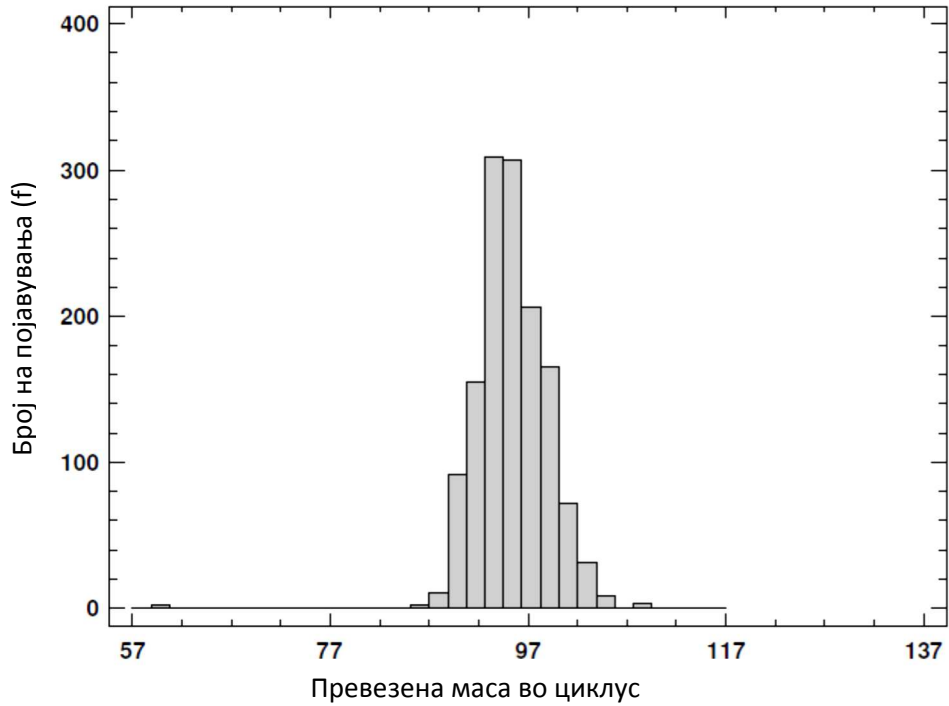
Тестот на рангирање на значајност ја тестира нултата хипотеза дека медианата на превезена маса на руда со дампер бр.17 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата на превезена маса на руда со дампер 17 не е еднаква на нула. Тоа е засновано на пребарување на средните рангови на вредностите над и под претпоставената хипотеза за медианата.

Бидејќи p -вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба. Тестот на значајност и тестот на рангирање на значајностите се помалку чувствителни кон близината на подобност но понекогаш се помалку силни од t -тестот ако податоците доаѓаат од една единична нормална дистрибуција.

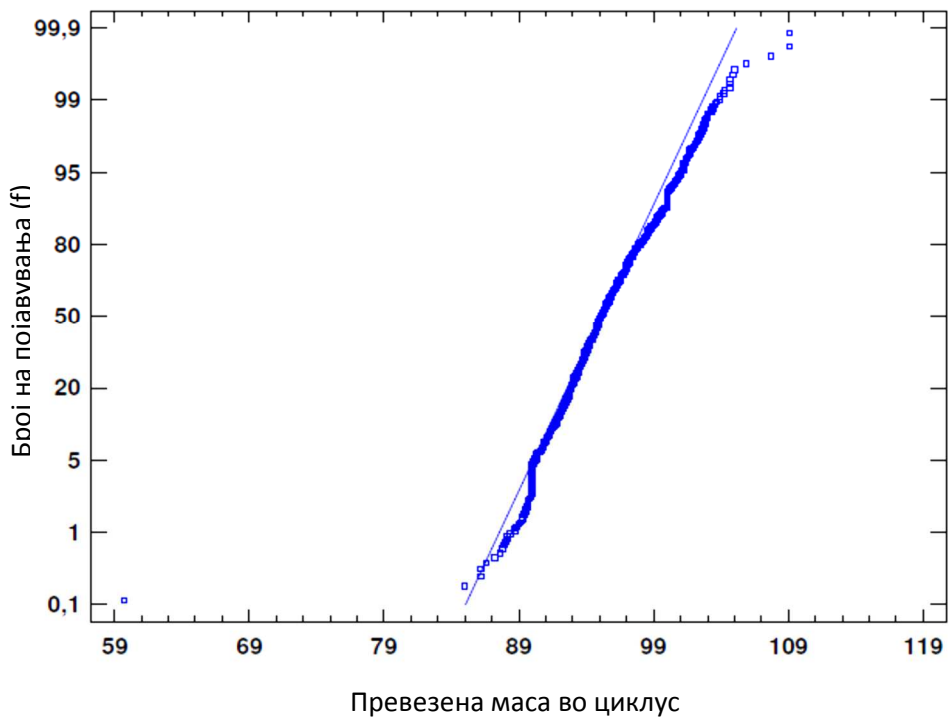
Хи-квадрант тестот ја тестира нултата хипотеза дека стандардната девијација на превезена маса руда со дампер бр.17 не е еднаква на нула.

Бидејќи p -вредноста на овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба.

На сл. 8.7 е прикажан графикон на нормални веројатности за докажување на распределбата на случајната величина, при што на апцисната оска се прикажани вредностите на превезената рудна со дампер бр.17 во еден еден циклус, а на ординатната оска кумулативните нормални веројатности на рангираните вредности на податоци, кои се добиени од популација чии случајни променливи имаат нормален распоред.

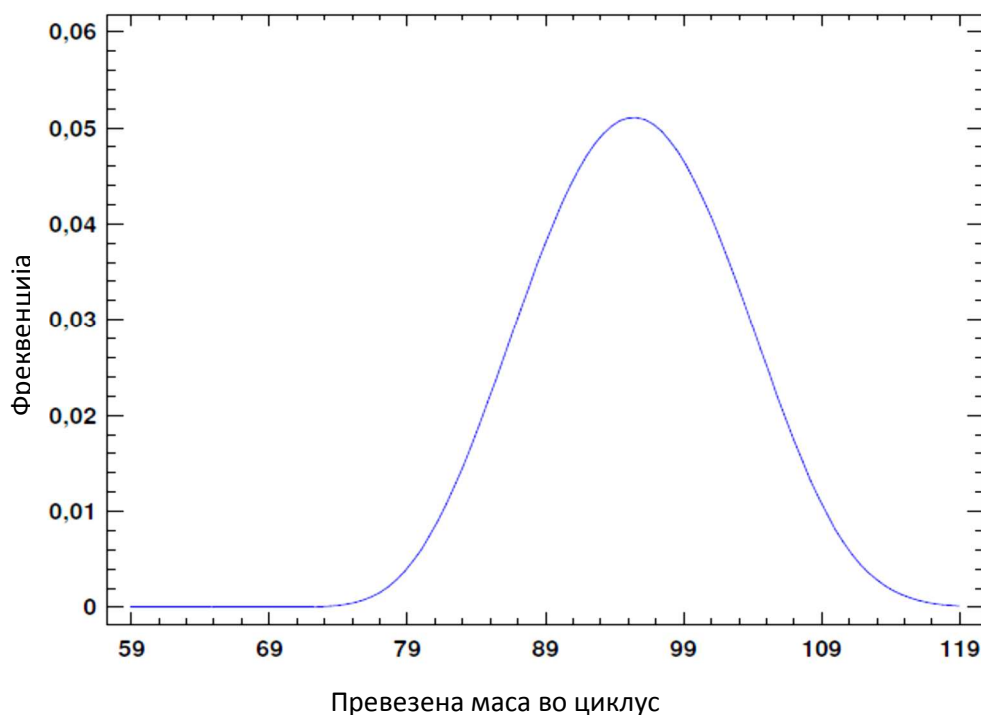


Слика 8.6 Хистограм на пренесена руда со дампер бр.17 во t/циклус
 Figure 8.6 Histogram of ore transmitted by damper No.17 in t/cycle



Слика 8.7 Нормални веројатности на пренесена руда со дампер бр.17 во t/циклус
 Figure 8.7 Normal probability of ore transmitted by damper No.17 in t/cycle

Од графиконот на нормалните веројатности прикажан на сл. 8.7 се гледа дека податоците формираат права линија, што е силен доказ дека превезената маса на руда со дампер бр.17 во еден циклус е случајна величина со нормална распределба. Само повисоките вредности за превезената руда во еден циклус (горен десен агол) имаат мало отстапување од правата линија.



Слика 8.8 Густина на пренесена руда со дампер бр.17 во t/циклус
Figure 8.8 Density of the ore transmitted by dumper No.17 in t/cycle

Статистичка анализа на превезена јаловина со дампер бр. 17

Изворните податоци за превезената јаловина со дампер бр. 17 која е товарана од багер CAT-7, а генерирани од системот SkyLinks се прикажани во табела 2, во прилог I.

Во продолжение на текстот се дадени резултатите од статистичката анализа, односно утврден е видот на распределбата на веројатностните на појавување на случајната величина превезен јаловина во еден циклус.

Во понатамошна обработка и анализа на податоците не се земени во предвид следниве циклуси (во прилог број 1, табела 1 означени со црвена боја):

- Циклус бр.1571440 и бр.1571511 кај кои превезената јаловина изнесува 61,3 и 61,5 t/циклус е поради следниве причини: Дамперот има промена на мотор и тогаш поради разработување на дизел моторот, а според упатството на производителот (CAT), дамперот за првите 100 работни часа се товари со половина сандук односно превезува за 50% помал товар во однос на номиналниот.

Варијабилна анализа - Превезена јаловина во циклус

Варијабилен податок: Превезена јаловина со дампер бр. 17 во циклус со анализирани 383 нумерички вредности при кои масите на пренесениот товар на дамперот во еден циклус варираат од 79,0 до 105,2 t/циклус.

Табела 8.2.2.3 Преглед на статистика за превезена јаловина со дампер бр. 17 во t/циклус

Table 8.2.2.3 Statistical review of slag transported by dumper No.17 in the t/cycle

Count/ Број на циклуси	383
Average/ Просек	94.4966
Medium/ Средина	94.5
Mode/ Мода	100.0
Geometric mean/ Геометриска средина	94.4262
Variance/ Отстапување	13.1939
Standard deviation/ Стандардна девијација	3.63235
Coeff. of variation/ Коефициент на варијација	3.84389%
Standard error/ Стандардна грешка	0.185604
Minimum/ Минимум	79.0
Maximum/ Максимум	105.2
Range/ Ранг	26.2
Lower quartile/ долен квартал	92.4
Upper quartile/ горен квартал	96.6
Interquartile range/ Интерквартаен опсег	4.2
Skewness/ Асиметрија	-0.305833
Stand. Skewness/ Стандардизирана Асиметрија	-2.444347
Kurtosis/Коефициент на екцес	1.03923
Stand. Kurtosis/ Стандарден коефициент на екцес	4.15149
Sum/Збир	36192.2
Sum of squares/Збир на квадрати	3.42508E6

Како појдовна основа за графичкото прикажување на резултатите од статистичката анализа е групирање на податоците во однос на фреквенциите. За овој примерок податоците се распределени во 26 групи, што е претставено во следната табела.

Табела 8.2.2.4 Фреквентна табела за пренесена јаловина со дампер бр. 17 во t/циклус
Table 8.2.2.4 Frequency table of transmitted slag by dumper No.17 in the t/cycle

Class/ Класа	Lower Limit/ Долен лимит	Upper Limit/ Горен лимит	Midpoint/ Средина	Frequency/ Фреквенција	Relative Frequency/ Релативна фреквенција	Cumulative Frequency/ Кумулативна фреквенција	Cum. Rel Frequency/ Кум. Рел. фреквенција
	at or below	77.0		0	0.0000	0	0.0000
1	77.0	78.1538	77.5769	0	0.0000	0	0.0000
2	78.1538	79.3077	78.7308	1	0.0026	1	0.0026
3	79.3077	80.4615	79.8846	0	0.0000	1	0.0026
4	80.4615	81.6154	81.0385	0	0.0000	1	0.0026
5	81.6154	82.7692	73.1923	1	0.0026	2	0.0052
6	82.7692	83.9231	83.3462	2	0.0052	4	0.0104
7	83.9231	85.0769	84.5	0	0.0000	4	0.0104
8	85.0769	86.2308	85.6538	4	0.0104	8	0.0209
9	86.2308	87.3846	86.8077	3	0.0078	11	0.0287
10	87.3846	88.5385	87.9615	6	0.0157	17	0.0444
11	88.5385	89.6923	89.1154	10	0.0261	27	0.0705
12	89.6923	90.8462	90.2692	25	0.0653	52	0.1358
13	90.8462	92.0	91.4231	32	0.0836	84	0.2193
14	92.0	93.1538	92.5769	48	0.1253	132	0.3446
15	93.1538	94.3077	93.7308	52	0.1358	184	0.4804
16	94.3077	95.4615	94.8846	52	0.1358	236	0.6162
17	95.4615	96.6157	96.0385	52	0.1358	288	0.7520
18	96.6157	97.7692	97.1923	28	0.0731	316	0.8251
19	97.7692	98.9231	98.3462	18	0.0470	334	0.8721
20	98.9231	100.077	99.5	28	0.0731	362	0.9452
21	100.077	101.231	100.654	12	0.0313	374	0.9765
22	101.231	102.385	101.808	5	0.0131	379	0.9896
23	102.385	103.538	102.962	2	0.0052	381	0.9948
24	103.538	104.692	104.115	1	0.0026	382	0.9974
25	104.692	105.846	105.269	1	0.0026	383	1.0000
26	105.846	107.0	106.423	0	0.0000	383	1.0000
	above	107.0		0	0.0000	383	1.0000
Mean=94,4966 Standard Deviation (Стандардна девијација)= 3,63235							

95,0% интервал на доверба за средната маса на превезена јаловина со дампер бр.17 во еден циклус изразена во тони е: $94,4966 \pm 0,364935$ односно [94,1317; 94,8615].

Додека пак 95,0% интервал на доверба за стандардно отстапување на случајната величина превезена јаловина во еден циклус на дампер бр.17 изнесува: [3,39203; 3,9096].

T-тестот ја тестира нултата хипотеза дека средната вредност на масата на превезена јаловина со дампер бр. 17 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека средната вредност на масата на превезена руда со дампер бр.17 не е еднаква на нула.

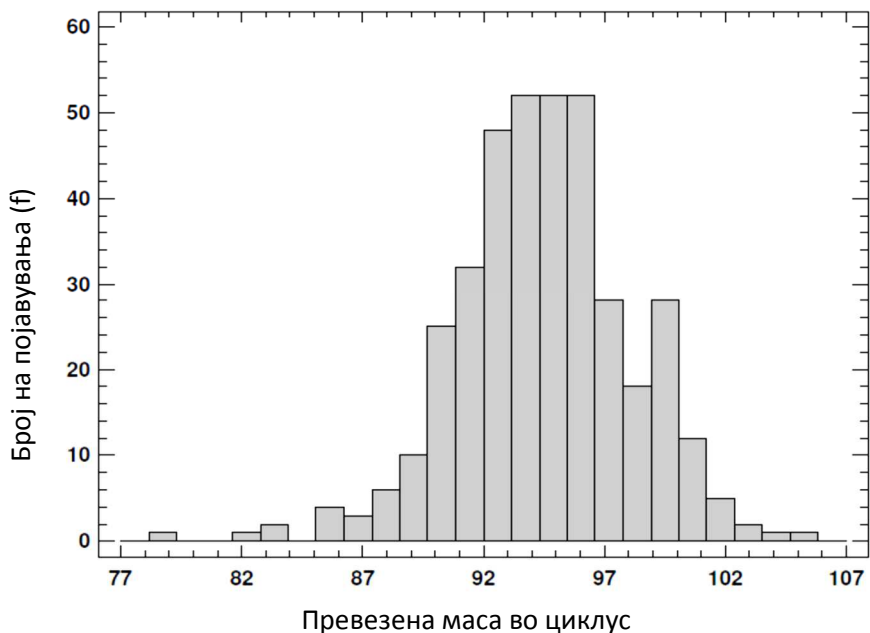
Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба. Sign тестот ја тестира нултата хипотеза дека медианата за превезена маса на јаловина со дампер бр.17 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата на превезена маса на јаловина со дампер бр. 17 не е еднаква на нула. Тоа е засновано на пребарувањето на бројот на вредности над и под претпоставената медиана. Бидејќи р-вредноста за овој тест од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба.

Тестот на рангирање на значајност ја тестира нултата хипотеза дека медианата на превезена маса на јаловина со дампер бр. 17 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата на превезена маса на јаловина со дампер бр. 17 не е еднаква на нула. Тоа е засновано на пребарување на средните рангови на вредностите над и под претпоставената хипотеза за медианата.

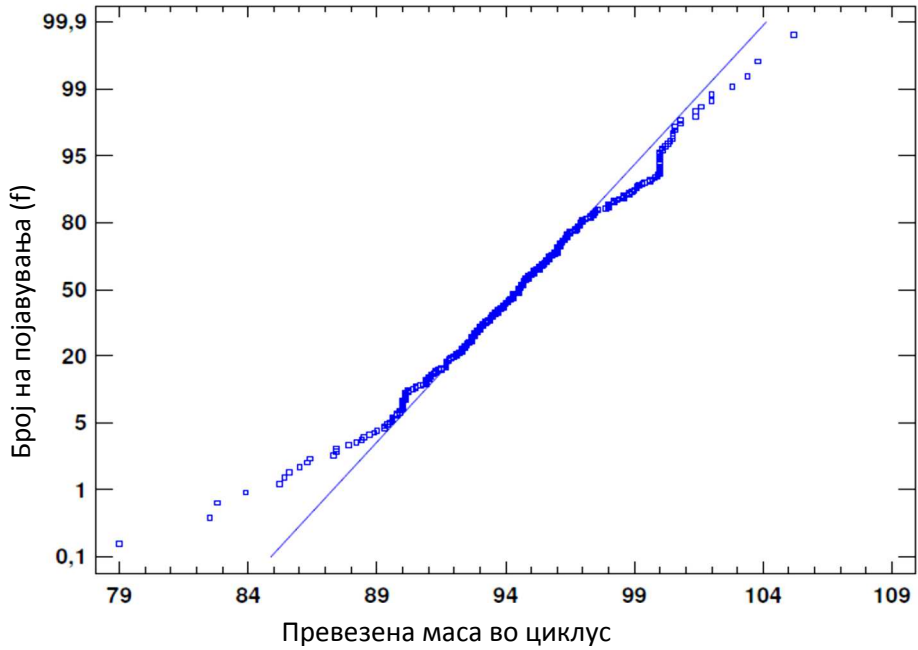
Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба. Тестот на значајност и тестот на рангирање на значајностите се помалку чувствителни кон близината на подобност но понекогаш се помалку силни од t-тестот ако податоците доаѓаат од една единична нормална дистрибуција.

Хи-квадрант тестот ја тестира нултата хипотеза дека стандардната девијација на превезена маса јаловина со дампер бр.17 не е еднаква на нула.

Бидејќи р-вредноста на овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба.

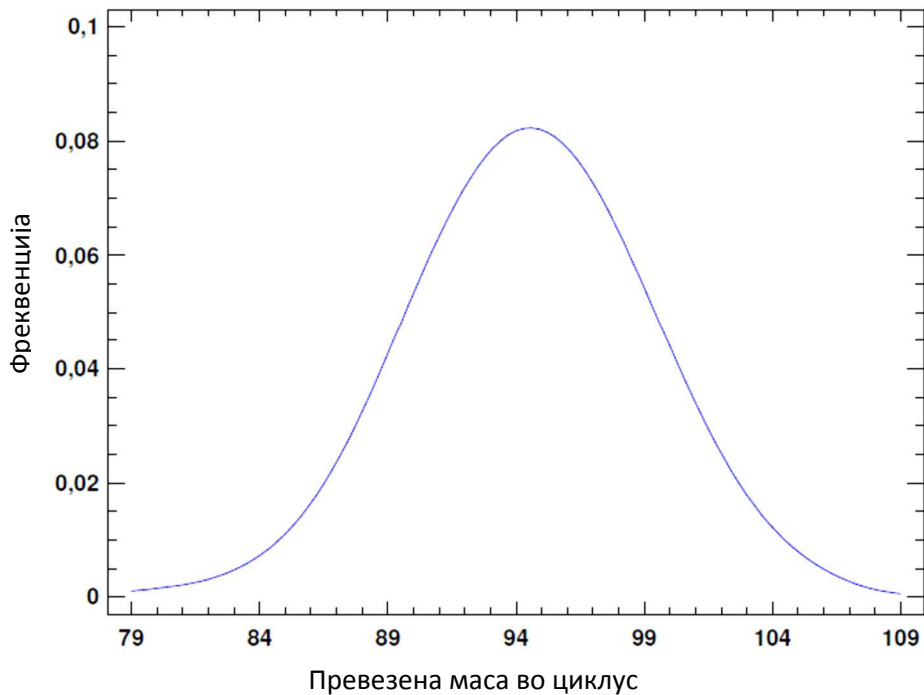


Слика 8.9 Хистограм на пренесена јаловина со дампер бр.17 во t/циклус
 Figure 8. Histogram of slag transmitted by dumper No.17 in t/cycle



Слика 8.10 Нормални веројатности на пренесена јаловина со дампер бр.17 во t/циклус
 Figure 8.10 Normal probability of slag transmitted by damper No.17 in t/cycle

Од графиконот на нормалните веројатности прикажан на сл. 8.10 се гледа дека податоците формираат права линија што е добар доказ дека превезената маса на јаловина со дампер бр. 17 во еден циклус е случајна величина со нормална распределба. Само пониските вредности за превезената руда во еден циклус (долен лев агол) имаат мало отстапување од правата линија.



Слика 8.11 Густина на пренесена јаловина со дампер бр.17 во t/циклус
 Figure 8.11 Density trace of slag transmitted by damper No.17 in t/cycle

8.2.2.2 Статистичка анализа на пренесен товар во еден циклус на дамперот бр. 19

Статистичка анализа на превезена руда со дампер бр. 19

Изворните податоци за превезената руда со дампер бр. 19 кој е се товари од багер ОК-4, се прикажани во табела 3, во прилог I.

Во продолжение на текстот се дадени резултатите од статистичката анализа, односно утврден е видот на распределбата на веројатностните на појавување на случајната величина превезена руда во еден циклус.

Варијабилна анализа - Превезена руда во циклус

Варијабилен податок: Пренесена руда со дампер бр. 19 во циклус со анализирани 47 нумерички вредности при кои масите на пренесениот товар на дамперот во еден циклус варираат од 97,0 до 114,1 t/циклус.

Табела 8.2.2.5 Преглед на статистика за превезена руда со дампер бр. 19 во t/циклус
Tabela 8.2.2.5 Summary statistics for transmitted ore by damper No.19 in t/cycle

Count/ Број циклуси	47
Average/ Просек	105.498
Medium/ Средина	105.2
Mode/ Мода	102.0
Geometric mean/ Геометриска средина	105.44
Variance/ Отстапување	12.5959
Standard deviation/ Стандардна девијација	3.54907
Coeff. of variation/ Коефициент на варијација	3.36411%
Standard error/ Стандардна грешка	0.517684
Minimum/ Минимум	97.0
Maximum/ Максимум	114.1
Range/ Ранг	17.1
Lower quartile/ Долен квартал	103.2
Upper quartile/ Горен квартал	108.1
Interquartile range/ Интерквартаен опсег	4.9
Skewness/ Асиметрија	0.225061
Stand. Skewness/ Стандардизирана Асиметрија	0.629903
Kurtosis/Коефициент на екцес	0.089069
Stand. Kurtosis/ Стандарден коефициент на екцес	0.124644
Sum/Збир	4958.4
Sum of squares/Збир на квадрати	523680

Како појдовна основа за графичкото прикажување на резултатите од статистичката анализа е групирање на податоците во однос на фреквенциите. За овој примерок податоците се распределени во 17 групи, што е претставено во следната табела.

Табела 8.2.2.6 Фреквентна табела за пренесена руда со дампер бр. 19 во t/циклус
Table 8.2.2.6 Frequency table of transported ore by damper No.19 in the t/cycle

Class/ Класа	Lower Limit/ Долен лимит	Upper Limit/ Горен лимит	Midpoint/ Средина	Frequency/ Фреквенција	Relative Frequency/ Релативна фреквенција	Cumulative Frequency/ Кумулативна фреквенција	Cum. Rel Frequency/ Кум. Рел. фреквенција
	at or below	96.0		0	0.0000	0	0.0000
1	96.0	97.1765	96.5882	1	0.0213	1	0.0213
2	97.1765	98.3529	97.7647	0	0.0000	1	0.0213
3	98.3529	99.5294	98.9412	0	0.0000	1	0.0213
4	99.5294	100.706	100.118	2	0.0426	3	0.0638
5	100.706	101.882	101.294	4	0.0851	7	0.1489
6	101.882	103.059	102.471	4	0.0851	11	0.2340
7	103.059	104.235	103.647	4	0.0851	15	0.3191
8	104.235	105.412	104.824	9	0.1915	24	0.5106
9	105.412	106.588	106.0	6	0.1277	30	0.6383
10	106.588	107.765	107.176	4	0.0851	34	0.7234
11	107.765	108.941	108.353	5	0.1064	39	0.8298
12	108.941	110.118	109.529	3	0.0638	42	0.8936
13	110.118	111.294	110.706	3	0.0638	45	0.9574
14	111.294	112.471	111.882	0	0.0000	45	0.9574
15	112.471	113.647	113.059	1	0.0213	46	0.9787
16	113.647	114.824	114.235	1	0.0213	47	1.0000
17	114.824	116.0	115.412	0	0.0000	47	1.0000
	above	116.0		0	0.0000	47	1.0000
Mean=105,498 Standard Deviation (Стандардна девијација)= 3,54907							

Интервали на доверба за превезена руда со дампер бр.19 во циклус:

95,0% интервал на доверба за средна маса на превезена руда во t:
105,498 +/- 1,04205 [104,456; 106,54]

95,0% интервал на доверба за стандардно отстапување на случајната величина
превезена руда: [2,94918; 4,45758]

T- тестот ја тестира нултата хипотеза дека средната вредност на масата на превезена руда со дампер бр. 19 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека средната вредност на масата на превезена руда со дампер бр.19 не е еднаква на нула.

Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба. Sign тестот ја тестира нултата хипотеза дека медианата за превезена маса на руда со дампер бр.19 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата на превезена маса на руда со дампер бр. 19 не е еднаква на нула. Тоа е засновано на пребарувањето на бројот на вредности над и под претпоставената медиана.

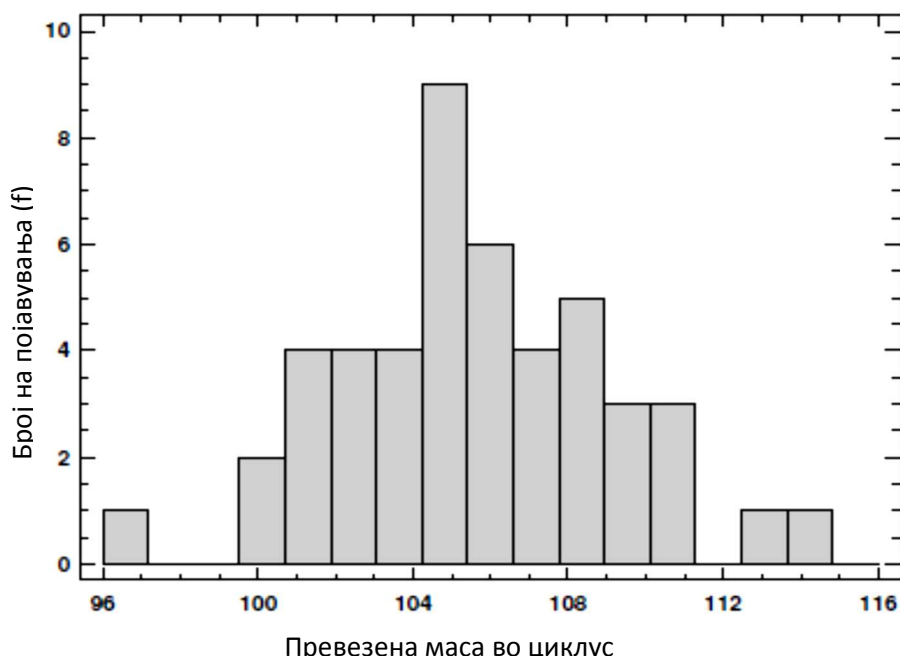
Бидејќи р-вредноста за овој тест од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба.

Тестот на рангирање на значајност ја тестира нултата хипотеза дека медианата на превезена маса на руда со дампер бр. 19 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медијаната на превезена маса на руда со дампер бр. 17 не е еднаква на нула. Тоа е засновано на пребарување на средните рангови на вредностите над и под претпоставената хипотеза за медианата.

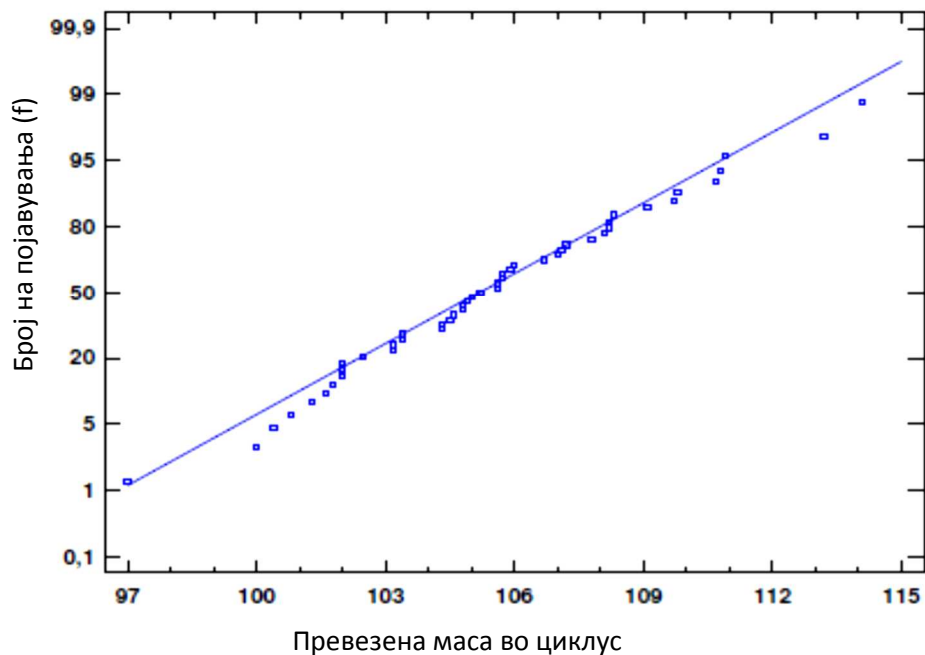
Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба. Тестот на значајност и тестот на рангирање на значајностите се помалку чувствителни кон близината на подобност но понекогаш се помалку силни од t-тестот ако податоците доаѓаат од една единична нормална дистрибуција.

Хи-квадрант тестот ја тестира нултата хипотеза дека стандардната девијација на превезена маса руда со дампер бр.19 не е еднаква на нула.

Бидејќи р-вредноста на овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба.

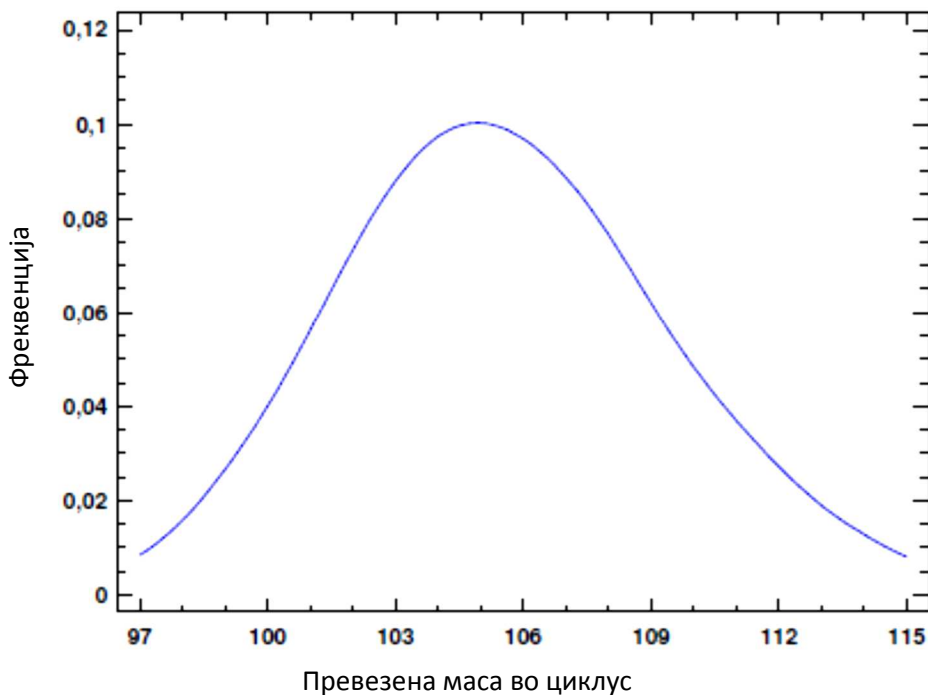


Слика 8.12 Хистограм на пренесена руда со дампер бр.19 во t/циклус
Figure 8.12 Histogram of ore transmitted by damper No.19 in t/cycle



Слика 8.13 Нормални веројатности на пренесена руда со дампер бр.19 во t/циклус
 Figure 8.13 Normal probability of ore transmitted by damper No.19 in t/cycle

Од графиконот на нормалните веројатности прикажан на сл. 8.13 се гледа дека податоците формираат права линија, што е добар доказ дека превезената маса на руда со дампер бр. 19 во еден циклус е случајна величина со нормална распределба иако се работи за примерок со помал број на податоци, и тоа само 47 податока.



Слика 8.14 Густина на пренесена руда со дампер бр.19 во t/циклус
 Figure 8.14 Density of the ore transmitted by damper No.19 in t/cycle

Статистичка анализа на превезена јаловина со дампер бр. 19

Изворните податоци за превезената јаловина со дампер бр. 19 која е товарана од багер ОК-4, а генерирани од системот SkyLinks се прикажани во табела 4, во прилог I. Во продолжение на текстот се дадени резултатите од статистичката анализа, односно утврден е видот на распределбата на веројатностните на појавување на случајната величина превезена јаловина во еден циклус. Во понатамошна обработка и анализа на податоците не се земени во предвид следниве циклуси (во прилог бр. I, табела 4 означени со црвена боја):

Циклус бр.1551441 кај кој превезената јаловина изнесува 61 t/циклус е поради следниве причини: Дамперот е товарен со негабарити (крупни парчиња јаловина) кои во претходните смени се оставаат по страна и вообичаено во третата смена се товараат во еден циклус. Поради големата крупност на овие парчиња останува поголем волумен од сандакот на камионот непополнет односно коефициентот на полнење е многу мал.

Варијабилна анализа - Превезена јаловина во циклус

Варијабилен податок: Превезена јаловина со дампер бр. 19 во циклус се анализирани 41 нумерички вредности при кои масите на пренесениот товар на дамперот во еден циклус варираат од 61,0 до 112,6 t/циклус.

Табела 8.2.2.7 Преглед на статистика за превезена јаловина со дампер бр. 19 во t/циклус

Table 8.2.2.7 Statistical review of slag transported by dumper No.19 in t/cycle

Count/ Број на циклуси	41
Average/ Просек	101.398
Medium/ Средина	102.3
Mode/ Мода	106.5
Geometric mean/ Геометриска средина	101.045
Variance/ Отстапување	58.1772
Standard deviation/ Стандардна девијација	7.6274
Coeff. of variation/ Коефициент на варијација	7.52227%
Standard error/ Стандардна грешка	1.1912
Minimum/ Минимум	61.0
Maximum/ Максимум	112.6
Range/ Ранг	51.6
Lower quartile/ Долен квартал	99.7
Upper quartile/ Горен квартал	104.7
Interquartile range/ Интерквартаен опсег	5.0
Skewness/ Асиметрија	-3.74902
Stand. Skewness/ Стандардизирана асиметрија	-9.80017
Kurtosis/Коефициент на екцес	19.9755
Stand. Kurtosis/ Стандарден коефициент на екцес	26.1087
Sum/Збир	4157.3
Sum of squares/Збир на квадрати	423867

Табела 8.2.2.8 Фреквентна табела за пренесена јаловина со дампер бр. 19 во t/циклус

Table 8.2.2.8 Frequency table of transmitted slag by dumper No.19 in the t/cycle

Class/ Класа	Lower Limit/ Долен лимит	Upper Limit/ Горен лимит	Midpoint/ Средина	Frequency/ Фреквенција	Relative Frequency/ Релативна фреквенција	Cumulative Frequency/ Кумулативна фреквенција	Cum. Rel Frequency/ Кум. Рел. фреквенција
	at or below	58.0		0	0.0000	0	0.0000
1	58.0	61.5294	59.7647	1	0.0244	1	0.0244
2	61.5294	65.0588	63.2941	0	0.0000	1	0.0244
3	65.0588	68.5882	66.8235	0	0.0000	1	0.0244
4	68.5882	72.1176	70.3529	0	0.0000	1	0.0244
5	72.1176	75.6471	73.8824	0	0.0000	1	0.0244
6	75.6471	79.1765	77.4118	0	0.0000	1	0.0244
7	79.1765	82.7059	80.9412	0	0.0000	1	0.0244
8	82.7059	86.2353	84.4706	0	0.0000	1	0.0244
9	86.2353	89.7647	88.0	0	0.0000	1	0.0244
10	89.7647	93.2941	91.5294	0	0.0000	1	0.0244
11	93.2941	96.8235	95.0588	3	0.0732	4	0.0976
12	96.8235	100.353	98.5882	11	0.2683	15	0.3659
13	100.353	103.882	102.118	10	0.2439	25	0.6098
14	103.882	107.412	105.647	13	0.3174	38	0.9268
15	107.412	110.941	109.176	1	0.0244	39	0.9512
16	110.941	114.471	112.706	2	0.0488	41	1.0000
17	114.471	118.0	116.235	0	0.0000	41	1.0000
	above	118.0		0	0.0000	41	1.0000
Mean=101,398 Standard Deviation (Стандардна девијација)= 7,6274							

Интервали на доверба за превезена јаловина со дампер бр.19 во циклус:
 95,0% интервал на доверба за средна маса на превезена јаловина во t: 101,398
 +/- 2,40751 [98,9901; 103,805];
 95,0% интервал на доверба за стандардно отстапување на случајната величина
 превезена јаловина : [6,26219; 9,75928];

T- тестот ја тестира нултата хипотеза дека средната вредност на масата на превезена јаловина со дампер 19 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека средната вредност на масата на превезена јаловина со дампер бр.19 не е еднаква на нула.

Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба. Sign тестот ја тестира нултата хипотеза дека медианата за превезена маса на јаловина со дампер бр.19 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата на превезена маса на јаловина со дампер 19 не е еднаква на нула.

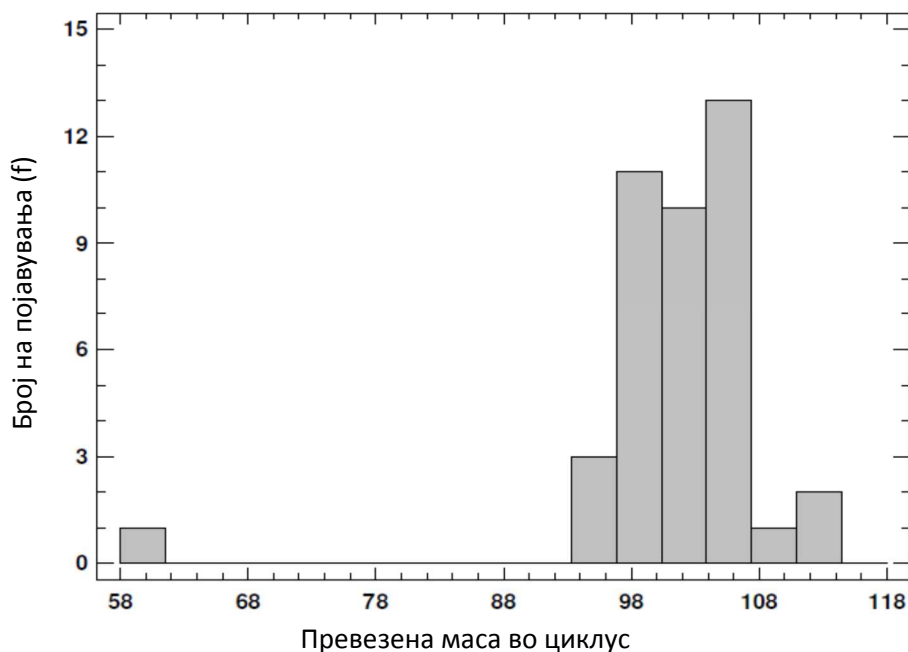
Тоа е засновано на пребарувањето на бројот на вредности над и под претпоставената медиана. Бидејќи р-вредноста за овој тест од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба.

Тестот на рангирање на значајност ја тестира нултата хипотеза дека медианата на превезена маса на јаловина со дампер 19 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата на превезена маса на јаловина со дампер 19 не е еднаква на нула. Тоа е засновано на пребарување на средните рангови на вредностите над и под претпоставената хипотеза за медианата.

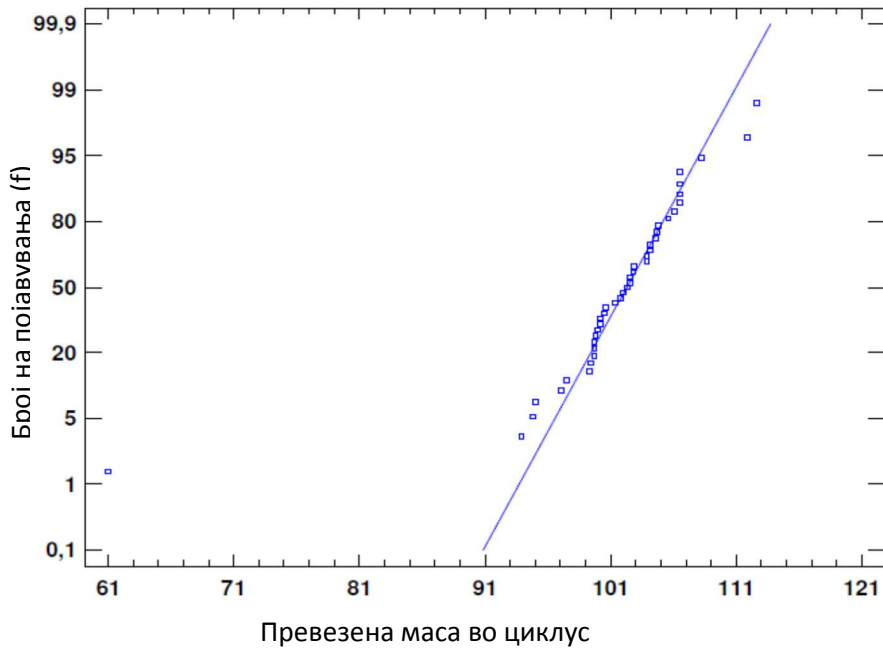
Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба. Тестот на значајност и тестот на рангирање на значајностите се помалку чувствителни кон близината на подобност но понекогаш се помалку силни од t-тестот ако податоците доаѓаат од една единична нормална дистрибуција.

Хи- квадрат тестот ја тестира нултата хипотеза дека стандардната девијација на превезена маса јаловина со дампер бр.19 не е еднаква на нула.

Бидејќи р-вредноста на овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба.

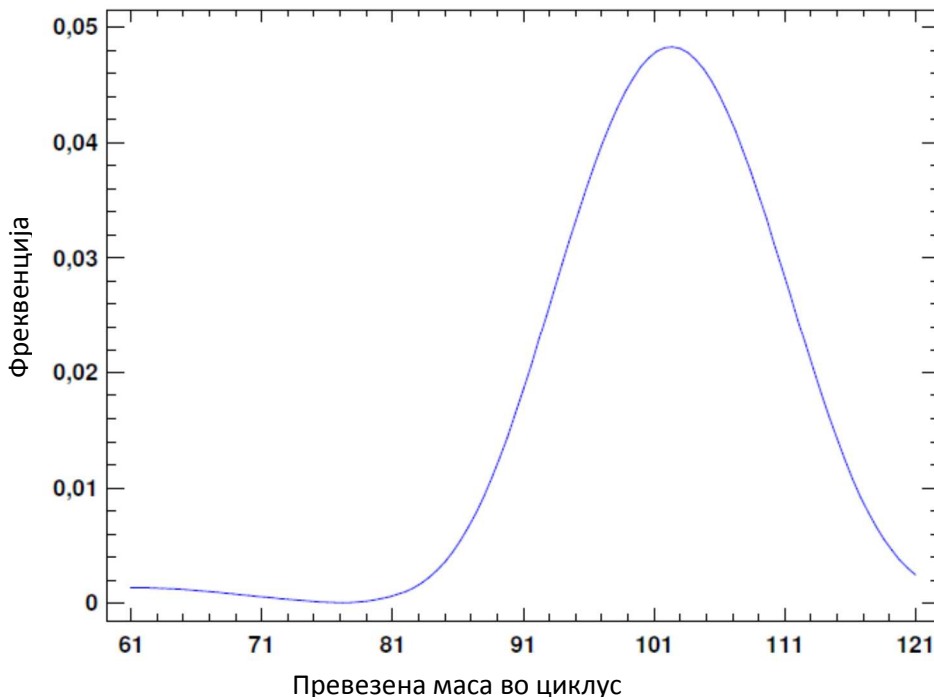


Слика 8.15 Хистограм на пренесена јаловина со дампер бр.19 во t/циклус
Figure 8.15 Histogram of slag transported by damper No.19 in t/cycle



Слика 8.16 Нормални веројатности на пренесена јаловина со дампер бр.19 во t/циклус
 Figure 8.16 Normal probability of slag transported by damper No.19 in t/cycle

Графиконот на нормалните веројатности прикажан на сл. 8.16 покажува дека податоците формираат права линија што е добар доказ дека превезената маса на јаловина со дампер бр. 19 во еден циклус е случајна величина со нормална распределба, иако се работи за примерок со помал број на податоци, и тоа само 41 податока.



Слика 8.17 Густина на пренесена јаловина со дампер бр.19 во t/циклус
 Figure 8.17 Density trace of slag transported by damper No.19 in t/cycle

8.2.2.3 Статистичка анализа на времето на траење на еден циклус на дамперот

Статистичка анализа на времето на траење на еден циклус на дампер бр. 17 при превоз на руда

Изворните податоци за времето на траење на еден циклус кој го остварил дампер бр. 17, а кој е товаран од багер РН-3, и генерирани од системот SkyLinks се прикажани во табела 1, во прилог бр. I. Во продолжение на текстот се дадени резултатите од статистичката анализа.

Варијабилна анализа – Време на траење на циклус на превоз на руда

Варијабилен податок: Време на траење на циклусот на дампер бр. 17, анализирани се 1369 нумерички вредности при што вкупното време на циклусот варира од 278,0 до 4750,0 s/циклус.

Табела 8.2.2.9 Преглед на статистика за времето на циклусот при превоз на руда со дампер бр. 17 во s/циклус

Tabela 8.2.2.9 Summary statistics for the time cycle while transporting ore by truck no.17 in s/cycle

Count/ Број на циклуси	1369
Average/ Просек	2310.69
Medium/ Средина	2360.0
Mode/ Мода	2353.0
Geometric mean/ Геометриска средина	2294.99
Variance/ Отстапување	54086.1
Standard deviation/ Стандардна девијација	232.564
Coeff. of variation/ Коефициент на варијација	10.0647%
Standard error/ Стандардна грешка	6.28552
Minimum/ Минимум	278.0
Maximum/ Максимум	4750.0
Range/ Ранг	4472.0
Lower quartile/ Долен квартал	2289.0
Upper quartile/ Горен квартал	2414.0
Interquartile range/ Интерквартаен опсег	125.0
Skewness/ Асиметрија	-2.00317
Stand. Skewness/ Стандардизирана Асиметрија	-30.2583
Kurtosis/Коефициент на екцес	23.3325
Stand. Kurtosis/ Стандарден коефициент на екцес	178.221
Sum/Збир	3.16333E6
Sum of squares/Збир на квадрати	7.38347E9

Табела. 8.2.2.10 Фреквентна табела за вкупното време на циклусот при превоз на руда со дампер бр.17 во s/циклус

Table 8.2.2.10 Frequency table for the total time of the cycle while transporting ore by truck no.17 in s/cycle

Class/ Класа	Lower Limit/ Долен лимит	Upper Limit/ Горен лимит	Midpoint/ Средина	Frequency/ Фреквенција	Relative Frequency/ Релативна фреквенција	Cumulative Frequency/ Кумулативна фреквенција	Cum. Rel Frequency/ Кум. Рел. фреквенција
	at or below	0		0	0.0000	0	0.0000
1	0	156.25	78.125	0	0.0000	0	0.0000
2	156.25	312.5	234.375	1	0.0007	1	0.0007
3	312.5	468.75	390.625	0	0.0000	1	0.0007
4	468.75	625.0	546.875	0	0.0000	1	0.0007
5	625.0	781.25	703.125	0	0.0000	1	0.0007
6	781.25	937.5	859.375	0	0.0000	1	0.0007
7	937.5	1093.75	1015.63	0	0.0000	1	0.0007
8	1093.75	1250.0	1171.88	17	0.0124	18	0.0131
9	1250.0	1406.25	1328.13	11	0.0080	29	0.0212
10	1406.25	1562.5	1484.38	6	0.0044	35	0.0256
11	1562.5	1718.75	1640.63	7	0.0051	42	0.0307
12	1718.75	1875.0	1796.88	28	0.0205	70	0.0511
13	1875.0	2031.25	1953.13	20	0.0146	90	0.0657
14	2031.25	2187.5	2109.38	34	0.0248	124	0.0906
15	2187.5	2343.75	2265.63	456	0.3331	580	0.4327
16	2343.75	2500.0	2421.88	778	0.5683	1358	0.9920
17	2500.0	2656.25	2578.13	6	0.0044	1364	0.9963
18	2656.25	2812.5	2734.38	2	0.0015	1366	0.9978
19	2812.5	2968.75	2890.63	0	0.0000	1366	0.9978
20	2968.75	3125.0	3046.88	0	0.0000	1366	0.9978
21	3125.0	3281.25	3203.13	0	0.0000	1366	0.9978
22	3281.25	3437.5	3359.38	1	0.0007	1367	0.9985
23	3437.5	3593.75	3515.63	0	0.0000	1367	0.9985
24	3593.75	3750.0	3671.88	0	0.0000	1367	0.9985
25	3750.0	3906.25	3828.13	1	0.0007	1368	0.9993
26	3906.25	4062.5	3984.38	0	0.0000	1368	0.9993
27	4062.5	4218.75	4140.63	0	0.0000	1368	0.9993
28	4218.75	4375.0	4296.88	0	0.0000	1368	0.9993
29	4375.0	4531.25	4453.13	0	0.0000	1368	0.9993
30	4531.25	4687.5	4609.38	0	0.0000	1368	0.9993
31	4687.5	4843.75	4765.63	1	0.0007	1369	1.0000
32	4843.75	5000.0	4921.88	0	0.0000	1369	1.0000
	above	5000.0		0	0.0000	1369	1.0000
Mean=2310,69 Standard Deviation (Стандардна девијација)= 232,564							

95,0% интервал на доверба за средно време на циклусот изрезено во s/циклус:
2310,69 ± 12,3194 односно [2298,37; 2323,01]

Додека пак 95,0% интервал на доверба за стандардно отстапување на случајната величина вкупно време на циклусот е : [224,168; 241,619].

T- тестот ја тестира нултата хипотеза дека средната вредност на вкупното време на циклусот при превоз на руда со дампер бр. 17 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека средната вредност на вкупното време на циклусот при превоз на руда со дампер бр. 17 не е еднаква на нула.

Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба. Sign тестот ја тестира нултата хипотеза дека медианата за вкупното време на циклусот при превоз на руда со дампер бр. 17 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата на вкупното време на циклусот при превоз на руда со дампер бр. 17 не е еднаква на нула.

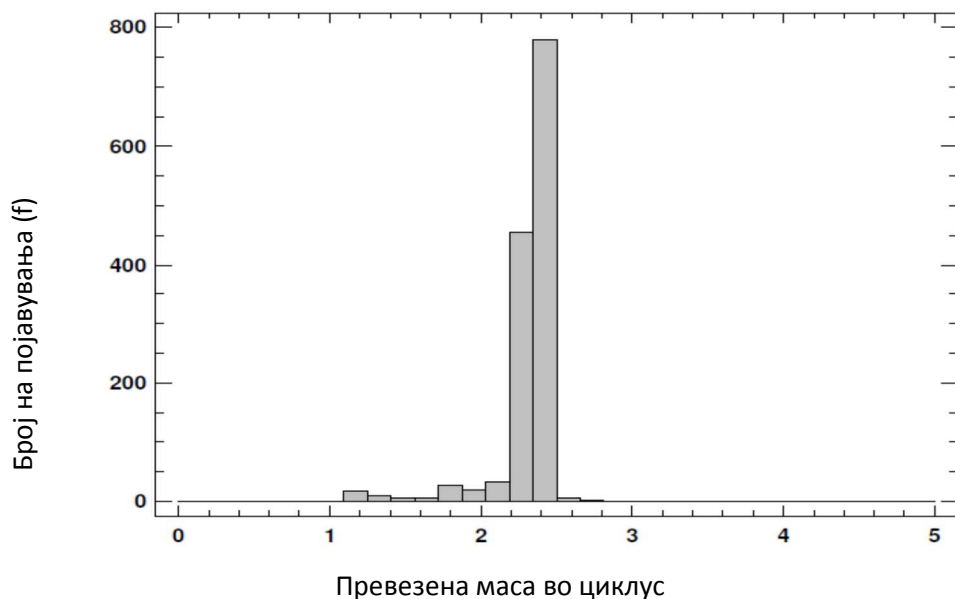
Тоа е засновано на пребарувањето на бројот на вредности над и под претпоставената медиана. Бидејќи р-вредноста за овој тест од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба.

Тестот на рангирање на значајност ја тестира нултата хипотеза дека медианата на вкупното време на циклусот при превоз на руда со дампер бр. 17 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата на вкупното време на циклусот при превоз на руда со дампер бр. 17 не е еднаква на нула. Тоа е засновано на пребарување на средните рангови на вредностите над и под претпоставената хипотеза за медианата.

Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба. Тестот на значајност и тестот на рангирање на значајностите се помалку чувствителни кон близината на подобност но понекогаш се помалку силни од t-тестот ако податоците доаѓаат од една единична нормална дистрибуција.

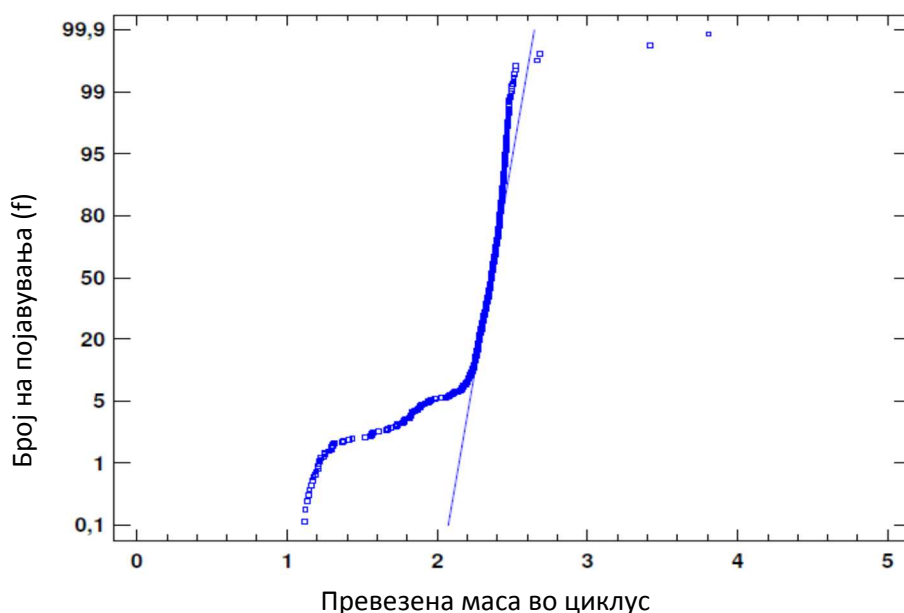
Хи-квадрант тестот ја тестира нултата хипотеза дека стандардната девијација на вкупното време на циклусот при превоз на руда со дампер бр. 17 не е еднаква на нула.

Бидејќи р-вредноста на овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба.

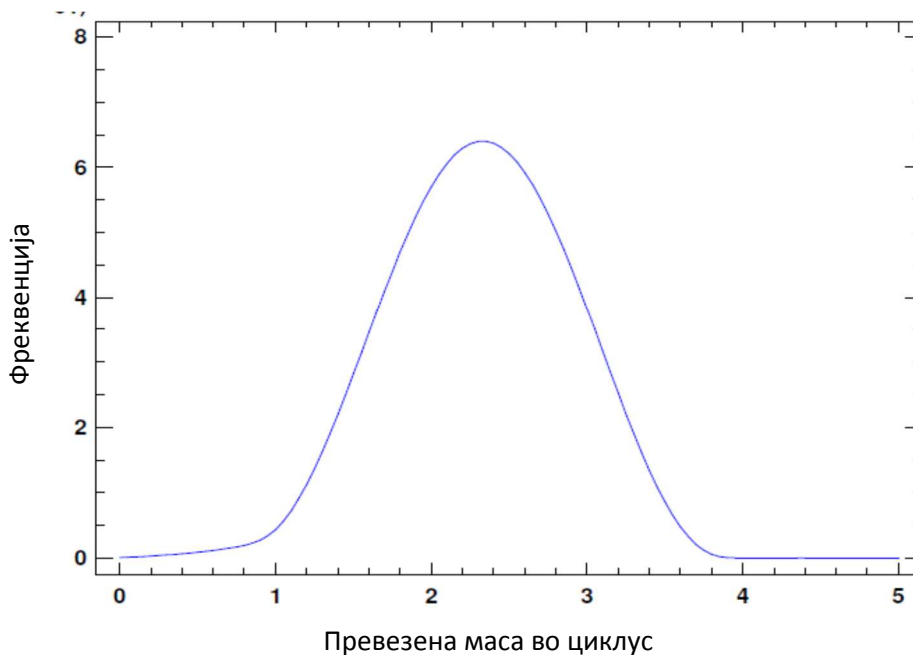


Слика 8.18 Хистограм на вкупното време на траење на циклусот при превоз на руда со дампер бр.17 во s/циклус
 Figure 8.18 Histogram of the total duration of the cycle while transporting ore by truck no.17 in s / cycle

Од графиконот на нормалните веројатности прикажан на сл. 8.19 се гледа дека податоците отстапуваат од права линија, посебно во долниот дел што е добар доказ дека вкупното време на циклусот при превоз на руда со дампер бр. 17 е случајна величина која не се потчинува на нормална туку на некоја друга распределба. Според некои автори таа се потчинува на експоненцијалниот закон на распределба.



Слика 8.19 Нормални веројатности на вкупното време на траење на циклусот при превоз на руда со дампер бр.17 во s/циклус
 Figure 8.19 Normal probabilities of total duration of the cycle while transporting ore in the no. 17 truck in s / cycle



Слика 8.20 Густина на вкупното време на траење на циклусот при превоз на руда со дампер бр.17 во s/циклус

Figure 8.20 Density of total duration of the cycle while transporting ore in the No. 17 truck in s/cycle

Статистичка анализа на времето на траење на еден циклус на дампер бр. 19 при превоз на јаловина

Изворните податоци за времето на траење на еден циклус кој го остварил дампер бр. 19, а кој е товаран од багер ОК-4, и генерирани од системот SkyLinks се прикажани во табела 4, во прилог бр. I.

Во продолжение на текстот се дадени резултатите од статистичката анализа односно утврден е видот на распределбата на веројатностните на појавување на случајната величина време на траење на еден циклус.

Варијабилна анализа – Вкупно време на траење на циклусот при превоз на јаловина

Варијабилен податок: Вкупно време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр. 19, каде се анализирани 41 нумерички вредности при кои вкупното време на циклусот на дамперот варира од 335,0 до 1818,0 s/циклус.

Табела 8.2.2.11 Преглед на статистика за вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр. 19 во s/циклус

Table 8.2.2.11 Summary statistics for the total duration of the cycle while transporting slag with dumper no.19 in s/cycle

Count/ Број на циклуси	41
Average/ Просек	843.0
Medium/ Средина	910.0
Mode/ Мода	368.0
Geometric mean/ Геометриска средина	703.469
Variance/ Отстапување	234761
Standard deviation/ Стандардна девијација	484.522
Coeff. of variation/ Коефициент на варијација	57.4759%
Standard error/ Стандардна грешка	75.6696
Minimum/ Минимум	335.0
Maximum/ Максимум	1818.0
Range/ Ранг	1483.0
Lower quartile/ Долен квартал	372.0
Upper quartile/ Горен квартал	1187.0
Interquartile range/ Интерквартаен опсег	815.0
Skewness/ Асиметрија	0.380071
Stand. Skewness/ Стандардизирана Асиметрија	0.993531
Kurtosis/Коефициент на екцес	-1.17843
Stand. Kurtosis/ Стандарден коефициент на екцес	-1.54024
Sum/Збир	34563.0
Sum of squares/Збир на квадрати	3.85271E7

Табела 8.2.2.12 Фреквентна табела за вкупното време на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр. 19 изразено во с/циклус

Table 8.2.2.12 Frequency table for the total time of the cycle while transporting slag with dumper no 19. expressed in s/cycle

Class/ Класа	Lower Limit/ Долен лимит	Upper Limit/ Горен лимит	Midpoint/ Средина	Frequency/ Фреквенција	Relative Frequency/ Релативна фреквенција	Cumulative Frequency/ Кумулативна фреквенција	Cum. Rel Frequency/ Кум. Рел. фреквенција
	at or below/ на или под	0		0	0.0000	0	0.0000
1	0	117.647	58.8235	0	0.0000	0	0.0000
2	117.647	235.294	176.471	0	0.0000	0	0.0000
3	235.294	352.941	294.118	5	0.1220	5	0.1220
4	352.941	470.588	411.765	13	0.3171	18	0.4390
5	470.588	588.235	529.412	1	0.0244	19	0.4634
6	588.235	705.882	647.059	0	0.0000	19	0.4634
7	705.882	823.529	764.706	0	0.0000	19	0.4634
8	823.529	941.176	882.353	2	0.0488	21	0.5122
9	941.176	1058.82	1000.0	2	0.0488	23	0.5610
10	1058.82	1176.47	1117.65	7	0.1707	30	0.7317
11	1176.47	1294.12	1235.29	5	0.1220	35	0.8537
12	1294.12	1411.76	1352.94	0	0.0000	35	0.8537
13	1411.76	1529.41	1470.59	3	0.0732	38	0.9268
14	1529.41	1647.06	1588.24	0	0.0000	38	0.9268
15	1647.06	1764.71	1705.88	1	0.0244	39	0.9512
16	1764.71	1882.35	1823.53	2	0.0488	41	1.0000
17	1882.35	2000.0	1941.18	0	0.0000	41	1.0000
	above	2000.0		0	0.0000	41	1.0000
Mean=843,0 Standard Deviation (Стандардна девијација)= 484,522							

95,0% интервал на доверба за средното вкупно време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр. 19, изразено во s/циклус е: $843 \pm 152,934$ односно [690,066; 995,934].

Додека пак 95,0% интервал на доверба за стандардно отстапување на случајната величина вкупно време на циклусот при превоз на јаловина изнесува : [397,799; 619,947].

T-тестот ја тестира нултата хипотеза дека средната вредност вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр. 19 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека средната вредност вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр. 19 не е еднаква на нула.

Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба. Sign тестот ја

тестира нултата хипотеза дека медианата за вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр.19 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата за вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр. 19 не е еднаква на нула.

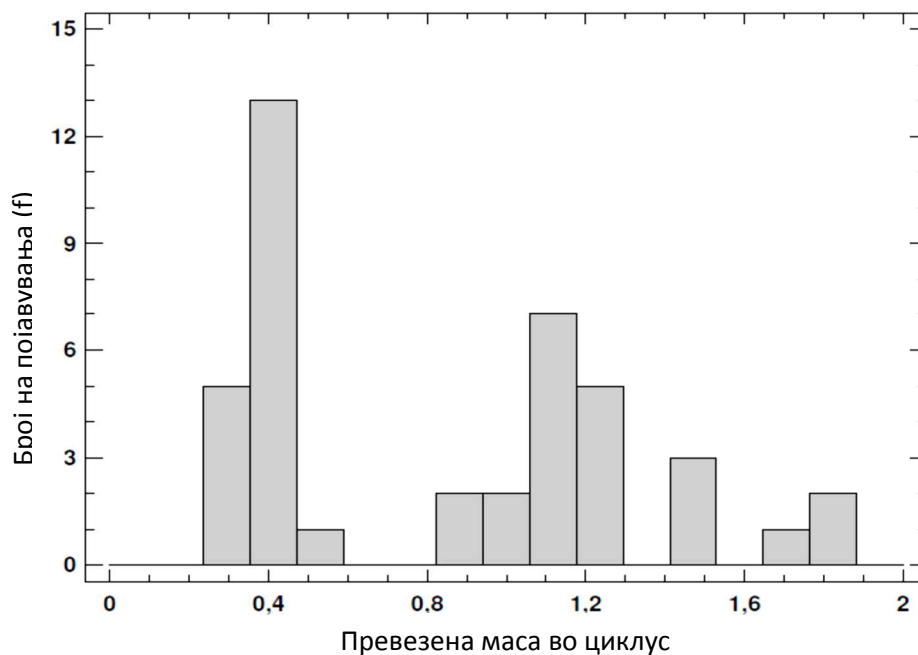
Тоа е засновано на пребарувањето на бројот на вредности над и под претпоставената медиана. Бидејќи р-вредноста за овој тест од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба.

Тестот на рангирање на значајност ја тестира нултата хипотеза дека медианата на вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер 19 е еднаква на нула наспроти алтернативната хипотеза дека медианата на вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер19 не е еднаква на нула. Тоа е засновано на пребарување на средните рангови на вредностите над и под претпоставената хипотеза за медианата.

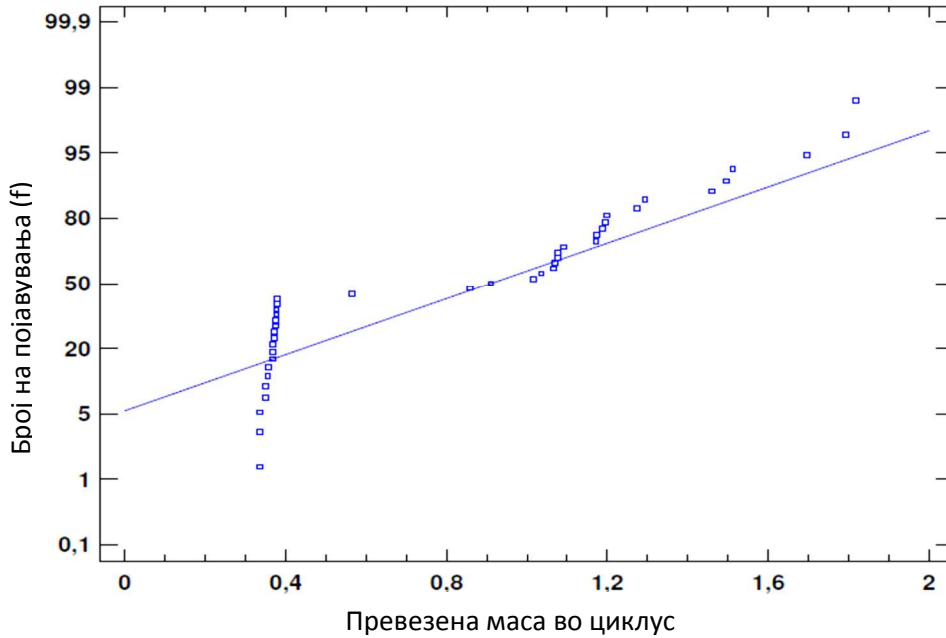
Бидејќи р-вредноста за овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95% интервал на доверба. Тестот на значајност и тестот на рангирање на значајностите се помалку чувствителни кон близината на подобност но понекогаш се помалку силни од t-тестот ако податоците доаѓаат од една единична нормална дистрибуција.

Хи-квадрант тестот ја тестира нултата хипотеза дека стандардната девијација на вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр. 19 не е еднаква на нула.

Бидејќи р-вредноста на овој тест е помала од 0,05 ние можеме да ја отфрлиме нултата хипотеза при 95,0% интервал на доверба.

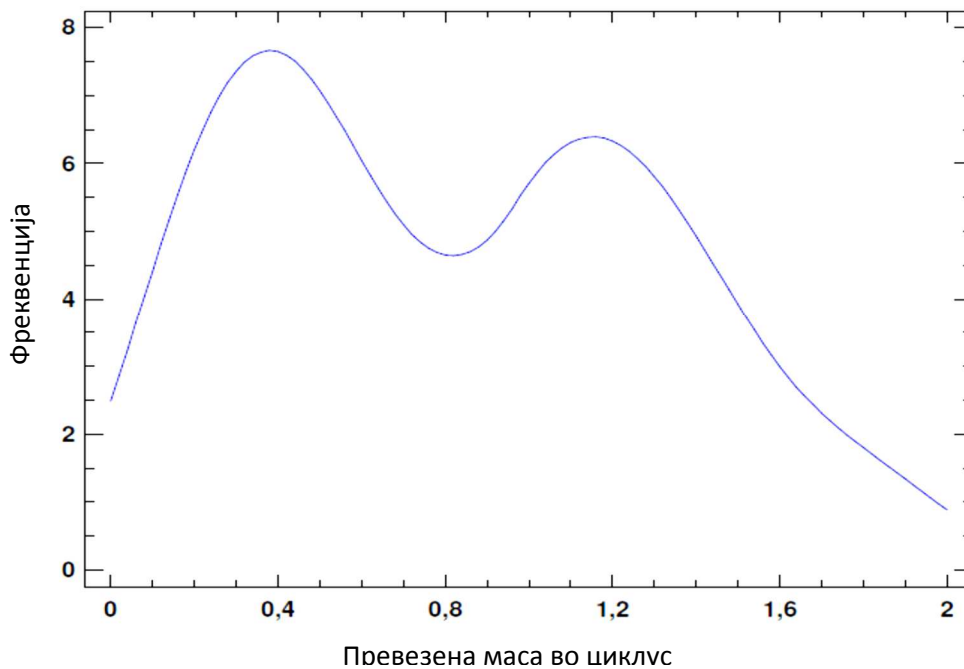


Слика 8.21 Хистограм за вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр.19, во s/циклус
 Figure 8.21 Histogram for the total duration of the cycle while transporting slag with dumper no.19 in s/cycle



Слика 8.22 Нормални веројатности за вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр.19, во s/циклус
 Figure 8.22 Normal probabilities for total duration of the cycle while transporting slag with dumper no.19 in s / cycle

Графиконот на нормалните веројатности прикажан на сл. 8.17 покажува дека податоците отстапуваат од правата линија што е добар доказ дека вкупното време на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр. 19 е случајна величина која не се потчинува на нормална туку на некоја друга распределба. Според некои автори таа се потчинува на експоненцијалниот закон на распределба.



Слика 8.23 Густина на вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр.19, во s/циклус
 Figure 8.23 Density of the total duration of the cycle while transporting slag with dumper No.17 in s/cycle

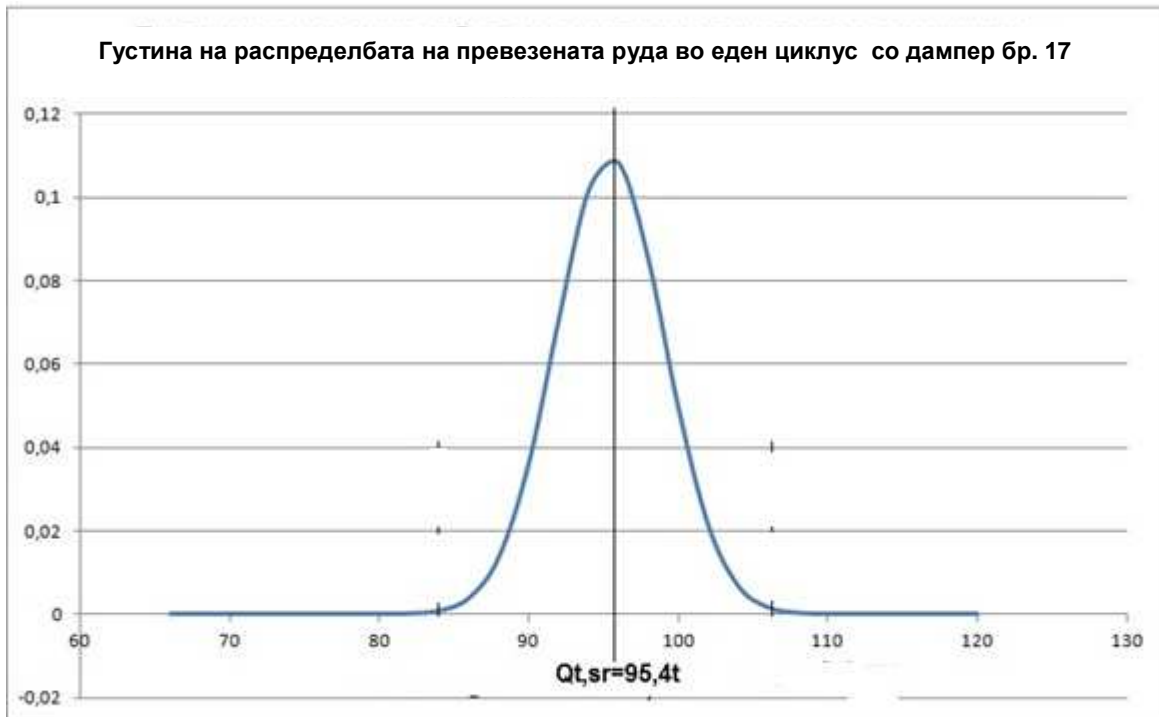
Од сл. 8.23 може да се забележи дека густината на распределба нема звонеста форма што представува уште еден доказ дека вкупното време на траење на циклусот при превоз на јаловина со дампер бр. 19 нема нормална распределба.

8.2.3 Одредување на техничкиот и експлоатациониот капацитет на дамперите

8.2.3.1 Одредување на техничкиот транспортен капацитет

Од статистичката анализа на случајната променлива превезен товар во еден циклус извршена во претходната глава заклучивме дека таа величина се потчинува на нормалниот закон на распределба на веројатностите на појавување, и има густина која е прикажана на сл. 8.24. Исто така, во анализата

беше одредена средната вредност на превезената маса на ископината со дамперите бр.17 и бр.19.



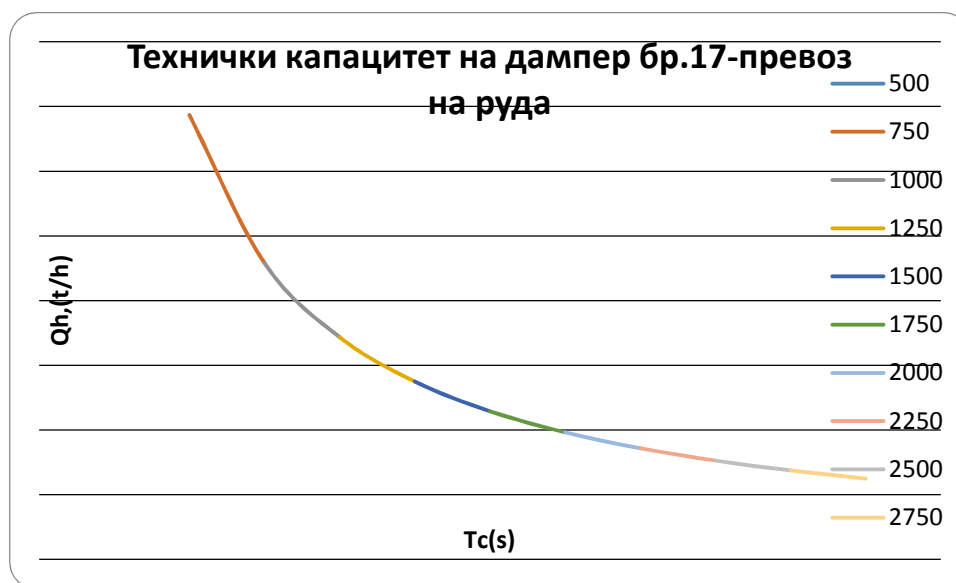
Слика 8.24 Густина на веројатностите на појавување на случајната величина превезена руда (во тони) во еден циклус со дампер бр.17
Figure 8.24 Density probability of occurrence of a random quantity of ore transported (in tonnes) in a cycle by dumper No. 17

Податокот на средната маса на превезената ископина (руда/јаловина) нам ни овозможува да го пресметаме техничкиот часовен капацитет според сл.8.1, со задавање на вредности за вкупното време на траење на циклусот на дамперот се разбира за работните услови во Рудникот Бучим.

Вкупното време на траење на циклусот на дамперот (T_c) беше менувано во интервал од 500 до 2500 s/циклус, со чекор 250 s, имајќи го во предвид транспортното растојание на кое се врши транспорт на ископината во Рудникот “Бучим”. Во понатамошниот текст од дисертацијата се дадени прегледни табели во кои се прикажани вредностите на техничкиот транспортен капацитет на дамперите бр. 17 и 19, за трите наведени случаи на маса превезен товар и врз основа на нив изработени дијаграми за промена на часовниот капацитет во зависност од вкупното време на траење на еден циклус.

Табела 8.3.1 Технички капацитет на дампер бр.17 (превоз на руда): за $Q_{t,sr} = 95,4$ t
 Table 8.3.1 Technical capacity for damper No.17 (transport of ore): for $Q_{t,sr} = 95,4$ t

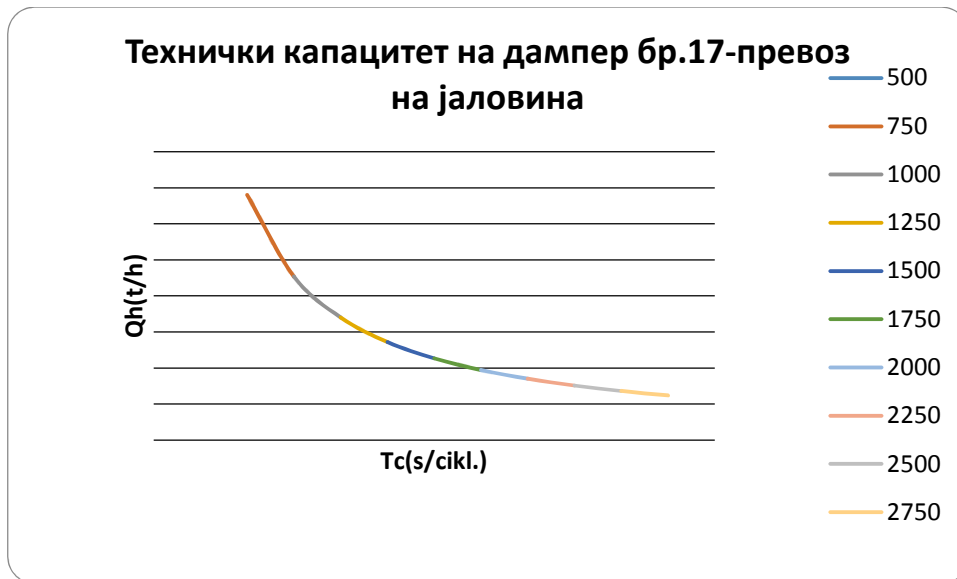
T_c (s/cikl)	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
$Q_{h,tehn.}$ (t/h)	686,88	457,92	343,44	274,75	228,96	196,25	171,72	152,64	137,38



Слика 8.24 Дијаграм на зависноста на транспортниот капацитет на дамперот бр.17 од вкупното време на циклусот
 Figure 8.24 Diagram of the dependence of the technical capacity of damper No. 17 from the total cycle time

Табела 8.3.2 Технички капацитет на дампер бр.17 (превоз на јаловина): $Q_{t,sr} = 94,5$ t
 Table 8.3.2 Technical capacity of damper No.17 (transport of slag): $Q_{t,sr} = 94,5$ t

T_c (s/cikl)	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
$Q_{h,tehn.}$ (t/h)	680,4	453,6	340,2	272,16	226,8	194,4	170,1	151,2	136,08

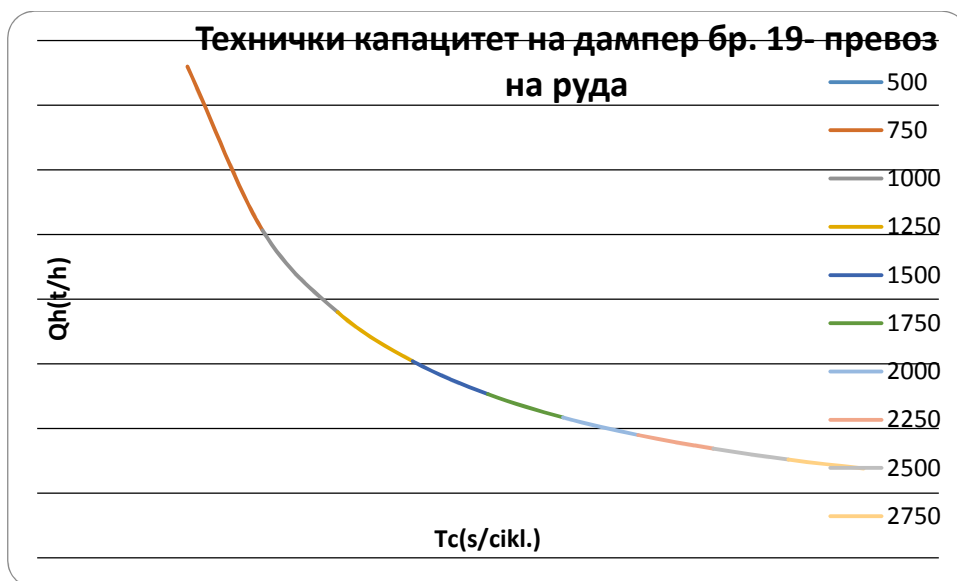


Слика 8.25 Дијаграм на зависноста на техничкиот капацитет на дамперот бр.17 од вкупното време на циклусот

Figure 8.25 Diagram of the dependence of the technical capacity of damper No. 17 from the total cycle time

Табела 8.3.3 Технички капацитет на дампер бр.19 (превоз на руда): $Q_{t,sr} = 105,5$ t
 Table 8.3.3 Technical capacity of damper No.19 (transport of ore): $Q_{t,sr} = 105,5$ t

Tc(s/cikl.)	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
Q _{h,tehn.} (t/h)	759,60	506,40	379,80	303,84	253,20	217,03	189,90	168,80	151,92

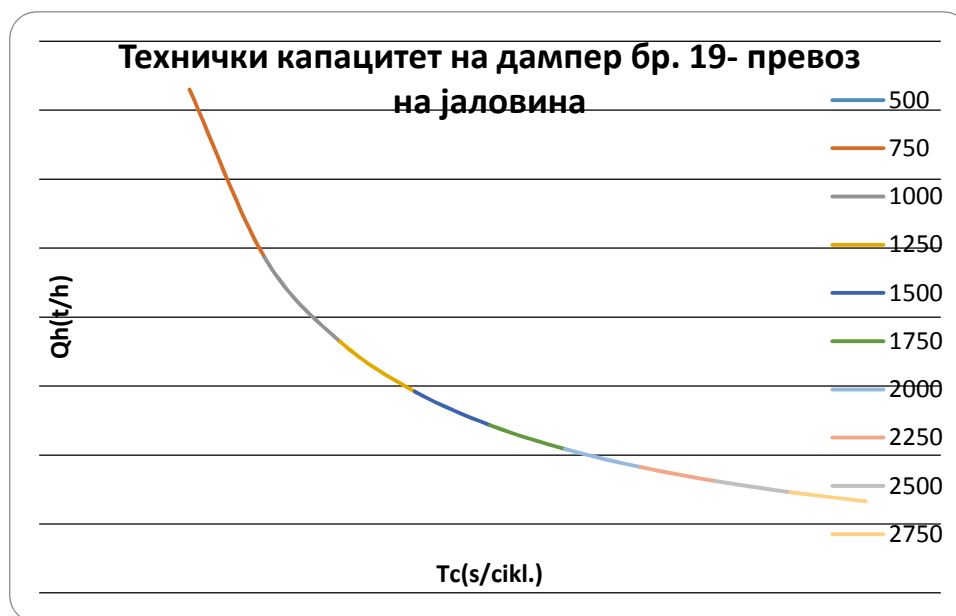


Слика 8.26 Дијаграм на зависноста на техничкиот капацитет на дамперот бр.19 од вкупното време на циклусот

Figure 8.26 Diagram of the dependence of the technical capacity of the damper No. 19, from the total cycle time

Табела 8.3.4 Технички капацитет на дампер бр.19 (превоз на јаловина): $Q_{t,sr}=101,4$ t
Table 8.3.4 Technical capacity of damper No.19 (transport of slag): $Q_{t,sr} = 101,4$ t

T_c (s/cikl)	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
$Q_{h,tehn.}$ (t/h)	730,08	486,72	365,04	292,03	243,36	208,59	182,52	162,24	146,02

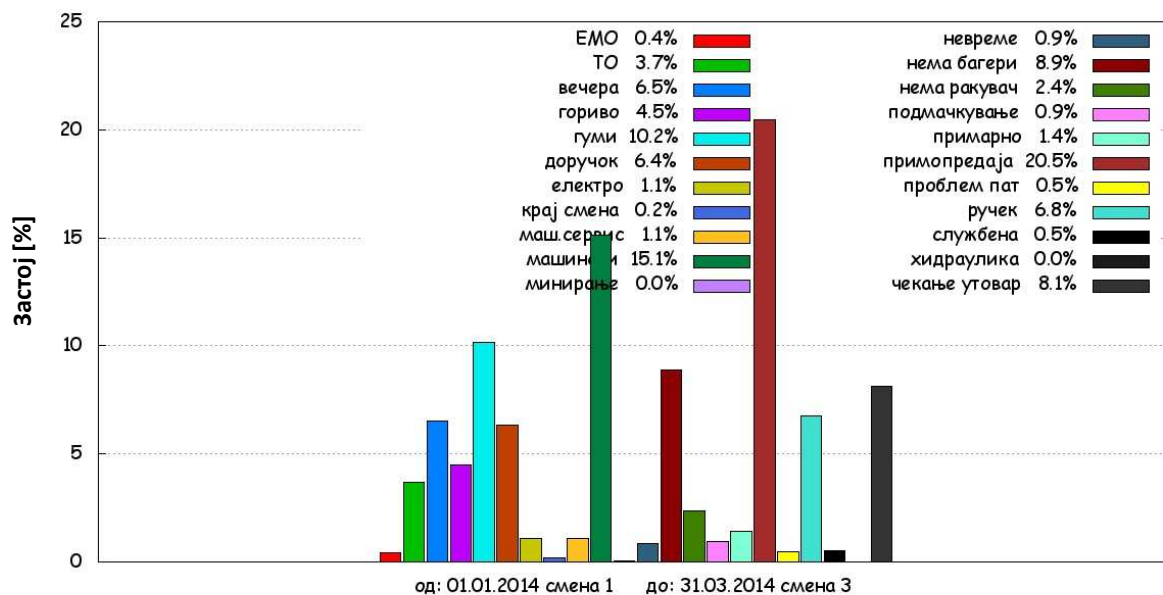


Слика 8.27 Дијаграм на зависноста на техничкиот капацитет на дамперот бр.19 од вкупното време на циклусот

Figure 8.27 Diagram of the dependence of the technical capacity of the damper No 19, from the total cycle time

8.2.3.2 Одредување на експлоатациониот транспортен капацитет

За да се избегне субјективноста во усвојувањето на вредноста на коефициентот на часовно временско искористување на дамперот од кој зависи вредноста на експлоатациониот транспортен капацитет на дамперите, (сл.8.27), беа искористени податоците од SkyLinks системот за евидентирање на застоите во работењето на камионскиот транспорт за разгледуваниот период од 3 месеци. Распределбата на евидентираниите застоите на дампер бр. 17 и дампер бр. 19 по категории се прикажани на сл.8.28 и 8.29. Додека пак извештај за бројот на работни часови и временското искористување на дампер бр. 17 е прикажан во табела 8.3.5 и 8.3.6.

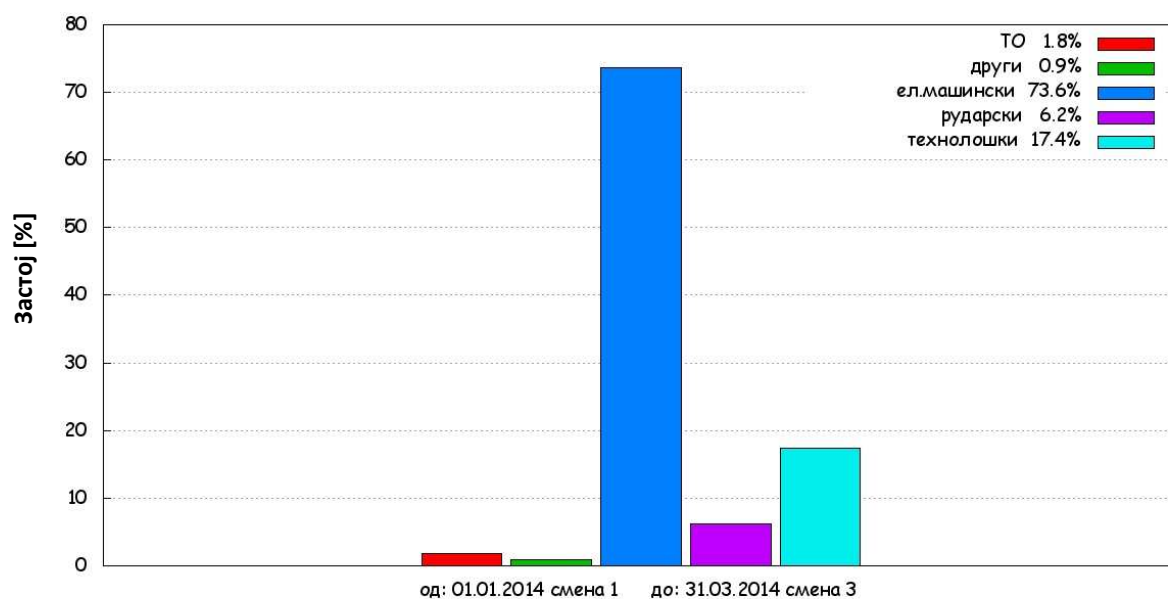


Слика 8.28 Распределба на застоите по категории за дампер бр.17
 Figure 8.28 The allocation of delays in categories for dumper No.17

Табела 8.3.5 Извештај за бројот на работни часови, застоите и временското искористување на дампер бр.17
 Table 8.3.5 Report for number of working hours, failure and availability of damper No.17

Бучим ДООЕЛ		Работни часа по дампери	
од	01.01.2014	Смена 1	
до	31.03.2014	Смена 3	
Машински парк:	D17		
Бригада:	сите		
Издаден:	13:08	24.06.2014	1.4 сек.
Изготвен:	Олег	Златанов	Примил:

дампер	работен можно	работа часа	застои часа	работа [%]	застои [%]
17,Cat -785	2055.0	1410.0	644.9	68.6	31.4
Вкупно	2055.0	1410.0	644.9	68.6	31.4
					SkyLinks 3.14



Слика 8.29 Распределба на застоите по категории за дампер бр.19
Figure 8.29 The allocation of delays in categories for dumper No.19

Табела 8.3.6 Извештај за бројот на работни часови, застоите и временското искористување на дампер бр.19

Table 8.3.6 Report for number of working hours, failure and availability of damper No.19

Бучим ДООЕЛ		Работни часа по дампери	
од	01.01.2014	Смена 1	
до	31.03.2014	Смена 3	
Машински парк:	D19		
Бригада:	сите		
Издаден:	13:19	24.06.2014	1.5 сек.

Изготвен:	Олег	Златанов	Примил:		
дампер	работен можно	работа часа	застои часа	работа [%]	застои [%]
19,Cat -785	1127.9	758.1	369.8	67.2	32.8
Вкупно	1127.9	758.1	369.8	67.2	32.8
					SkyLinks 3.14

Пресметаните вредности за експлоатациониот капацитет на дамперите бр.17 и бр.19, со коефициенти на часовно временско искористување $K_{vi}=0,686$ за дампер бр.17 и $K_{vi}=0,672$ за дампер бр. 19 се прикажани во прилог бр. I, табела бр.1; 2; 3; 4, колона 10.

Со помош на Statgraphics програмата за статистичка обработка на податоци, беа одредени математичките зависности на експлоатациониот капацитет во функција од вкупното време на траење на циклусот на камионот во форма:

$$Y = \frac{a}{X}$$

при што е одреден коефициентот a за различен број на дампер и различен вид на товар. Функционалните зависности се прикажани подолу:

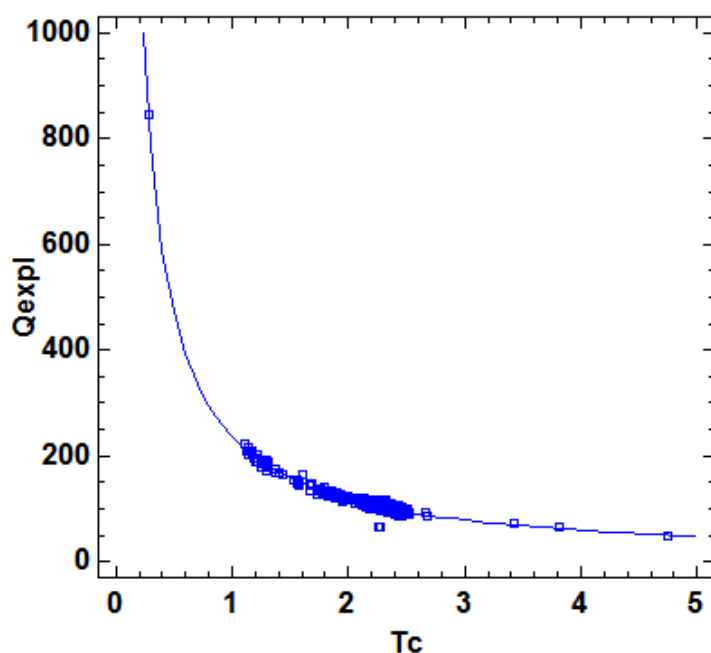
$$1) Q_{\text{exp},h} = \frac{229133}{T_c} \left[\frac{t}{h} \right] - \text{за дампер бр.17 при превоз на руда;}$$

$$2) Q_{\text{exp},h} = \frac{22370}{T_c} \left[\frac{t}{h} \right] - \text{за дампер бр.17 при превоз на јаловина;}$$

$$3) Q_{\text{exp},h} = \frac{252873}{T_c} \left[\frac{t}{h} \right] - \text{за дампер бр.19 при превоз на руда;}$$

$$4) Q_{\text{exp},h} = \frac{244266}{T_c} \left[\frac{t}{h} \right] - \text{за дампер бр.19 при превоз на руда.}$$

Во претходните равенки вкупното време на циклусот на дамперот T_c се изразува во секунди.



Слика 8.30 Дијаграм за одредување на зависноста $Q_{\text{expl.}}=f(T_c)$ со нелинеарна регресиона анализа

Figure 8.30 Diagram for determining the reliability $Q_{\text{expl.}}=f(T_c)$ by nonlinear regression analysis

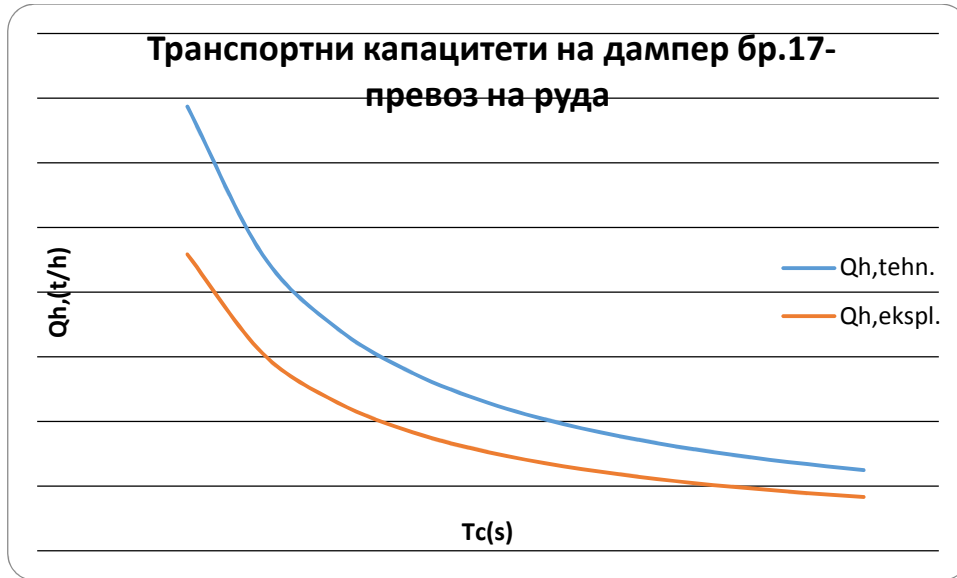
За да се изврши споредба помеѓу техничкиот и експлоатациониот капацитет на дамперите бр. 17 и бр. 19 при превоз на руда, односно јаловина, потребно е истите да бидат пресметани за исти вредности на вкупното време на траење на циклусот на дамперот (T_c). Тоа е овозможено со искористување на горните равенки, при што се задавани произволни вредности за T_c , во интервалот од 500 до 2500 s, со чекор 250 s.

Подолу се прикажани табелите (табела бр. 8.3.7; 8.3.8; 8.3.9 и 8.3.10) и дијаграмите (сл. 8.31 и сл. 8.35) за компарација на овие два вида транспортни капацитети.

Табела 8.3.7. Споредба на капацитетите на дампер бр.17 (превоз на руда): за $Q_{t,sr} = 95,4$ t

Table 8.3.7. Comparison of the capacity of dumper No.17 (transport of ore): for $Q_{t,sr} = 95,4$ t

$T_c(\text{s/cikl})$	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
$Q_{h,tehn.} (t/h)$	686,88	457,92	343,44	274,75	228,96	196,25	171,72	152,64	137,38
$Q_{h,exp.} (t/h)$	458,27	305,51	229,13	183,31	152,76	130,93	114,57	101,84	91,65
Разлика (t/h)	228,61	152,41	114,31	91,45	76,20	65,32	57,15	50,80	45,72

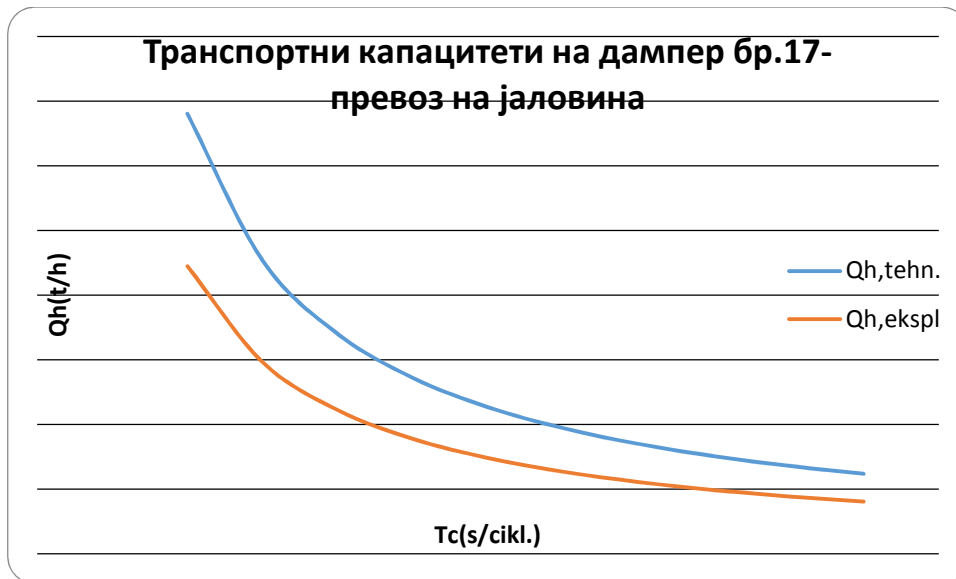


Слика 8.31 Дијаграм за споредба на капацитетите на дампер бр.17 при превоз на руда
 Figure 8.31 Diagram for comparison of the capacity of dumper No.17 (transport of ore)

Табела 8.3.8 Споредба на капацитетите на дампер бр.17 (превоз на јаловина):
 за $Q_{t,sr} = 94,5$ t

Table 8.3.8 Comparison of the capacity of dumper No.17 (transport of slag): for $Q_{t,sr} = 94,5$ t

T_c (s/cikl)	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
$Q_{h,tehn.}$ (t/h)	680,4	453,6	340,2	272,16	226,8	194,4	170,1	151,2	136,08
$Q_{h,exp.}$ (t/h)	444,74	296,49	222,37	177,90	148,25	127,07	111,19	98,83	88,95
Разлика (t/h)	235,66	157,11	117,83	94,26	78,55	67,33	58,92	52,37	47,13



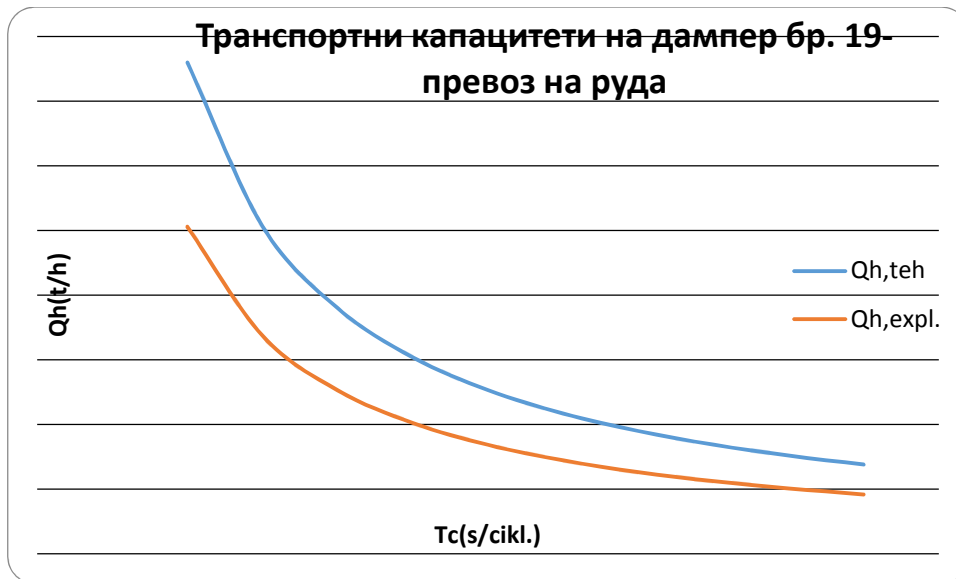
Слика 8.32 Дијаграм за споредба на капацитетите на дампер бр.17 (превоз на јаловина)

Figure 8.32 Diagram for comparison of the capacity of dumper No.17 (transport of slag)

Табела 8.3.9 Споредба на капацитетите на дампер бр.19 (превоз на руда):
за $Q_{t,sr} = 105,5 \text{ t}$

Table 8.3.9 Comparison of the capacity of dumper No.19 (transport of ore): for $Q_{t,sr} = 105,5 \text{ t}$

$T_c(\text{s/cikl})$	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
$Q_{h,tehn.} (\text{t/h})$	759,60	506,40	379,80	303,84	253,20	217,03	189,90	168,80	151,92
$Q_{h,exp.} (\text{t/h})$	505,75	337,16	252,87	202,30	168,58	144,50	126,44	112,39	101,15
Разлика (t/h)	253,85	169,24	126,93	101,54	84,62	72,53	63,46	56,41	50,77

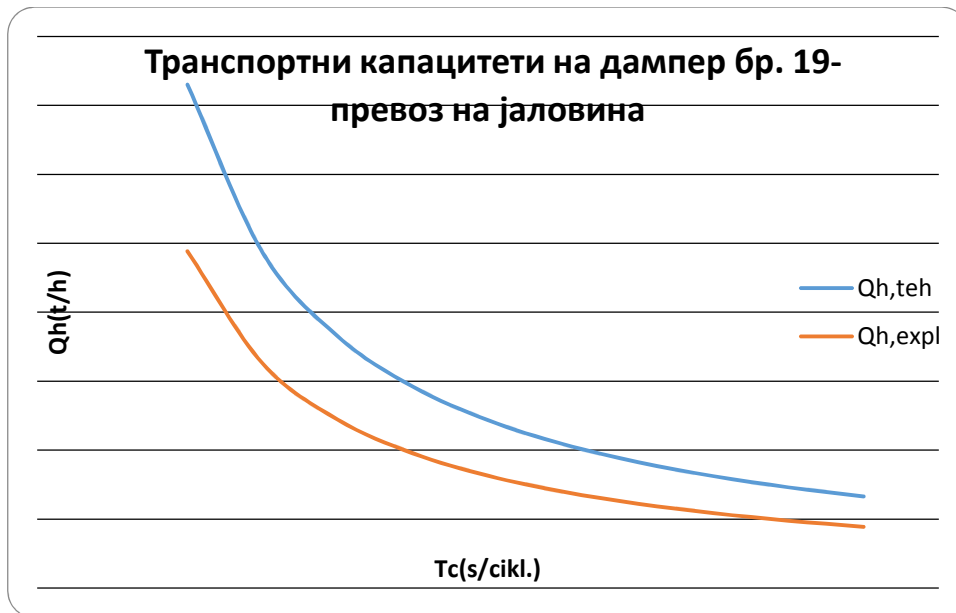


Слика 8.33 Дијаграм за споредба на капацитетите на дампер бр.19 (превоз на руда)
Figure 8.33 Diagram for comparison of the capacity of dumper No.19 (transport of ore)

Табела 8.3.10 Споредба на капацитетите на дампер бр.19 (превоз на јаловина):
за $Q_{t,sr} = 101,4$ t

Table 8.3.10 Comparison of the capacity of dumper No.19 (transport of slag):
for $Q_{t,sr} = 101,4$ t

T_c (s/cykl)	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
$Q_{h,teh.}$ (t/h)	730,08	486,72	365,04	292,03	243,36	208,59	182,52	162,24	146,02
$Q_{h,exp.}$ (t/h)	488,53	325,69	244,27	195,41	162,84	139,58	122,13	108,56	97,71
Разлика (t/h)	241,55	161,03	120,77	96,62	80,52	69,01	60,39	53,68	48,31



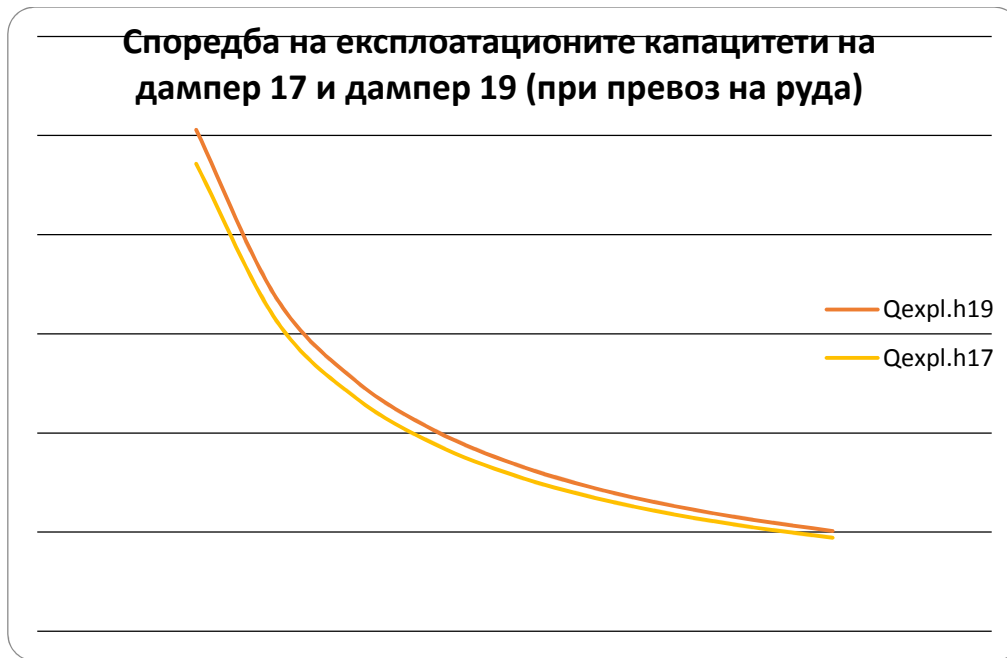
Слика 8.34 Дијаграм за споредба на капацитетите на дампер бр.19 (превоз на јаловина)

Figure 8.34 Diagram for comparison of the capacity of dumper No.19 (transport of slag)

Од погоре прикажаните табели и дијаграми може да се забележи дека експлоатационите капацитети на дампер бр. 17 и дампер бр. 19 отстапуваат од техничките капацитети во просек за 33%, што е последица на малиот коефициент на временско искористување на машинскиот парк кој се движи во граници од 67 до 69%.

Со цел да се зголеми експлоатациониот капацитет мора да бидат намалени застоите на камионскиот транспорт, а тоа може да се постигне со воведување превентивно одржување, подобрување во организацијата на работењето и подобра синхронизација на транспортот со производството.

На сл. 8.35 е прикажан дијаграм за споредба на експлоатационите капацитети при превоз на руда со дампер бр. 17 и дампер бр.19.



Слика 8.35 Дијаграм за споредба на експлоатационите капацитети на дампер бр.17 и дампер бр.19 (превоз на руда)
 Figure 8.35 Diagram for comparison of the exploitation capacity of dumper No.17 and dumper No.19 (transport of ore)

Од дијаграмот може да се забележи дека иако се работи за ист модел на дампер (Cat 785) сепак има разлика во остварените експлоатациони капацитети на дампер бр.19 и дампер бр.17.

Иако дампер бр.17 има повисока вредност за коефициентот на временско искористување ($K_v=0,686$) од дампер бр.19 кај кого вредноста на коефициентот на временско искористување изнесува $K_v=0,672$, сепак дампер бр.17 има остварено поголеми експлоатациони капацитети, што е последица поголемата вредност на средната превезена маса на руда во еден циклус. Тоа покажува дека средната превезена маса во еден циклус на дамперот има поголемо влијание на вредноста на експлоатациониот капацитет, отколку влијанието од коефициентот на временско искористување.

Помалата вредност на средната превезена маса на товарот во еден циклус на дампер бр. 17 се должи на невоодначениот гранулометриски состав на рудата, односно јаловината, односно малата вредност на коефициентот на пополнетост на сандакот на дамперот. Присуството на крупни парчиња доведува до создавање на празнини и недобра пополнетост на сандакот на дамперот. Воедначеноста на гранулометрискиот состав на одминираниот рудна маса треба да се регулира со правилен избор на дупчечко-минерските параметри.

9. ИЗБОР НА ОПТИМАЛЕН ДАМПЕР ЗА ТРАНСПОРТ НА РУДА И ЈАЛОВИНА ЗА УСЛОВИТЕ ВО РУДНИКОТ БУЧИМ СО ПРИМЕНА НА SKY LINKS СИСТЕМОТ

9. 1 Краток осврт на методологијата за повеќекритериумска оптимизација при избор на оптимален дампер

За да се избере оптимален дампер за транспорт на ископината во Рудникот за бакар Бучим потребно е да се земат во предвид повеќе параметри. Во досегашните анализи беа разгледани параметрите кои се однесуваат на средна превезена маса во еден транспортен циклус и часовниот експлоатационен транспортен капацитет на дамперите бр.17 и бр.19. На ист начин е одредена и средната превезена маса за дамперите со броеви: 9; 12; 14; 15; 16; 20; 21; 22; 23 и 24.

Овие технолошки параметри не се доволни за да се избере оптимален дампер од расположливиот број на дампера поради голема разликата на нивните технички карактеристики, пред се во номиналната носивост така и според останатите карактеристики (брзината на движење, сопствена маса, потрошувачка на гориво, радиус на свртување и др.).

Со цел да се избере оптимален дампер за конкретни работни услови во рудникот Бучим потребно е да се земат во предвид и останати технолошки параметри, меѓу кои се:

- коефициент на техничка готовност;
- коефициент на временско искористување;
- капацитет;
- номинална носивост;
- специфична потрошувачка на гориво.

Некои од погоре наведените технолошки параметри се пресметани математички и споредени со вредностите добиени од системот SkyLinks при што е забележана незначителна разлика, а други се земени од литературни извори (проспекти од производителите на дамперите).

За разлика од еднокритериумските оптимизациони модели, односно моделите со една функција на цел дефинирана над множеството ограничувања, повеќекритериумските оптимизациони модели оперираат со две или повеќе функции на цел, за кои е потребно да се пронајдат оптимални вредности при дефинирано множество на ограничувања. Честопати поставувањето на повеќе критериуми доведува до такви неусогласувања, при

што целосното достигнување на една цел може негативно да влијае на останатите цели. Доносителот на одлуката во ваквите ситуации не настојува да ги максимизира зададените цели, туку да ги достигне колку е можно до поголем степен.

Основна карактеристика на секој повеќекритериумски проблем е постоење на повеќе критериуми за одлучување и повеќе алтернативи за избор на најприфатлива акција.

Повеќекритериумското одлучување како една од методите на повеќекритериумското одлучување се карактеризира со потребата за избор на најприфатлива алтернатива a^* , од множеството алтернативи претставени на основа на дефинираните критериуми. Според тоа, можно е да се дефинира оптималниот математички модел на повеќекритериумското одлучување и тој гласи:

$$\max[f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)], \quad n \geq 2 \quad (9.1)$$

$$x \in A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$$

Каде: n - број на критериуми;

m - број на алтернативи (акции за избор);

a_i - алтернатива;

A - множество од познати алтернативи.

Како мерка за достигнувањето на секој критериум, по дефинираната алтернатива, се јавува атрибутот. Така што секој атрибут зависи од j -тиот критериум и од i -тата алтернатива, односно тој има дводимензионален карактер и се означува со x_{ij} , при што:

$$x_{ij} = f_j(a_i); \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad (9.2)$$

Вообичаен начин на прикажување на моделот на повеќекритериумското одлучување е преку матрица, која се нарекува матрица на одлучување и се обележува со (O) , односно:

$$O = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

За избор на оптимален дампер за транспорт на ископината во Рудникот Бучим е применета **методата на едноставни адитивни тежини** како математичка метода за повеќекритериумска оптимизација.

- Метода на едноставни адитивни тежини (MEAT)

Оваа метода припаѓа во групата на методи кај кои доносителот на одлуката може да влијае на изборот на конечното решение преку доделување на тежински коефициенти на поединечните критериуми, со кои тој го изразува предимството, односно важноста на секој критериум.

При решавање на конкретен проблем со оваа метода најпрво треба да се спроведат чекорите на модифицирање на почетната матрица на одлучување и тоа: квантификација, нормализација и линеаризација.

Кај формирањето на матрицата на одлучување, чест е случајот да вредностите на атрибутот, за секоја алтернатива по одреден критериум се претставуваат како квалитативни вредности. Тогаш се јавува проблем како да се изврши споредувањето на квалитативни со квантитативни вредности на атрибутот.

За надминување на споменатиот проблем се извршува така наречената квантификација на квалитативните атрибути, односно претставување на квалитативните атрибути во квантитативните. Пример за квантификација на квалитативни атрибути за соодветен критериум е даден во табела 9.1.

Табела 9.1 Квантификација на оценки
Table 9.1 Quantification of scores

Квалитативна оценка	лош	добар	просечен	мн. добар	одличен	Тип на критериум
Квантитативна оценка	1	3	5	7	9	max
	9	7	5	3	1	min

По завршената квантификација на квалитативните атрибути податоците се претставуваат во матрична форма и таа се нарекува квантификувана матрица на одлучување (*МО*). Елементите на ваквата матрица честопати се со големи распони на бројните вредности. За да може да се примени методата треба да се сведат во интервал $[0,1]$ односно да се примени векторска нормализација на оценките.

Притоа е потребно да се внимава на заокружувањето на елементите на *МО* (минимум на трета децимала), бидејќи големите распони помеѓу елементите на *МО* кои беа во почетната матрица сега се во интервал $[0,1]$, па постои можност од внесување на грешки во податоците што како последица може да биде погрешно решавање на проблемот.

Постапката за извршување на нормализација на квантификувана матрица се спроведува на следниот начин:

-За секоја колона од MO се пресметува нормата:

$$norma = \sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}; j = \overline{1, n} \quad (9.3)$$

Каде е: x_{ij} - вредност на атрибутот по i -тата алтернатива и j -тиот критериум.

-Нормализираниот елемент од MO се пресметува на следниот начин:

кај критериуми од типот max :

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{norma}; \quad (9.4)$$

кај критериуми од типот min :

$$n_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{norma}; \quad (9.5)$$

Каде е: n_{ij} - нормализиран елемент од MO .

Бидејќи вредностите на атрибутите имаат различни мерни единици (цена во денари, време во часови, брзина во km/h и други) со помош на линеаризација се врши нивно сведување на бездимензионален број.

Во зависност од типот на критериумот (max/min) понатамошната пресметката не линеаризираниите елементи (l_{ij}) од MO се врши на следниот начин:

-кај критериуми од типот max :

$$l_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*}; \quad (9.6)$$

Каде е: $x_j^* = \{x_j | \max x_{ij}\}; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n};$

-кај критериумот од типот min :

$$l_{ij} = \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}}; \quad (9.7)$$

Каде е: $x_j^{\min} = \{x_j | \min x_{ij}\}; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n};$

Векторот на тежинските коефициенти кои се доделуваат на поедини критериуми е $T = [t_1, t_2, \dots, t_n]$ и при тоа треба да биде исполнет условот:

$$\sum_{j=1}^n t_j = 1; \quad (9.8)$$

Кај оваа метода е потребно да се формира матричен производ од матриците:

$T = \|t_j\|$ и $O = \|l_{ij}\|$, така да е: $T \times O = R$ или:

$$[t_1, t_2, t_3, \dots, t_n] \times \begin{bmatrix} l_{11} l_{12} \dots l_{1n} \\ l_{21} l_{22} \dots l_{2n} \\ l_{31} l_{32} \dots l_{3n} \\ \dots \\ l_{m1} l_{m2} \dots l_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ \dots \\ r_n \end{bmatrix} \quad (9.9)$$

Избор на најдобрата алтернатива кај оваа метода се врши на основа на следната релација:

$$a^* = \left\{ a_i \mid \frac{\max_j \sum_j t_j l_{ij}}{\sum_j t_j} \right\}; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (9.10)$$

Каде се: a_i - расположиви алтернативи во моделот,

t_j - вектор на тежински коефициенти на критериумите,

l_{ij} - елементи на линеаризираната MO .

Оптимальното решение всушност претставува оној елемент од векторот R кој има најголема бројна вредност.

9.2 Примена на МЕАТ за избор на оптимален дампер за транспорт на ископината во Рудникот Бучим

Составена е матрицата на одлучување со усвојување на 6 критериуми и 12 алтернативи (расположливи дампери за транспорт на ископината).

Критериуми за избор:

K1- средна превезена маса во циклус (t/циклус) → max

K2- коефициент на техничка готовност(%) → max

K3- коефициент на временско искористување(%) → max

K4 – капацитет (t·km) → max

K5 - номинална носивос (t) → max

K6 -специфична потрошувачка на гориво(l/km) → min

Алтернативи за избор:

A1: Транспорт со дампер бр.9

A2: Транспорт со дампер бр.12

A3: Транспорт со дампер бр.14

A4: Транспорт со дампер бр.15

A5: Транспорт со дампер бр.16

A6: Транспорт со дампер бр.17

A7: Транспорт со дампер бр.19

A8: Транспорт со дампер бр.20

A9: Транспорт со дампер бр.21

A10: Транспорт со дампер бр.22

A11: Транспорт со дампер бр.23

A12: Транспорт со дампер бр.24

Векторот на тежински коефициенти е усвоен да биде: $T = [0,1; 0,2; 0,15; 0,25; 0,15; 0,15]$.

Преку овие тежински коефициенти доносителот на одлуката субјективно влијае на конечниот резултат од повеќекритериумската оптимизација. Најголема тежина е дадено на критериумот K4-капацитет на транспорт во [t·km]. Потоа по вредноста на тежината следуваат критериумите: K2-коефициент на техничка готовност, K3-коефициент на временско искористување, K5-номинална носивост, K6-специфична потрошувачка на гориво и K1-средна превезена маса во циклус.

Коефициентот на временското искористување детално графички е претставен на сл. 8.28, а промените на коефициентот на техничка готовност и коефициентот на временско искористување во функција од времето на работа на системот се прикажани преку дијаграмот на сл. 7.4.

Во понатамошната анализа се разгледани два случаи на избор на оптимален дампер и тоа:

- Избор на оптимален дампер за транспорт на руда во рудникот Бучим;
- Избор на оптимален дампер за транспорт на јаловина во рудникот Бучим.

Ова е направено од причини што параметрите на транспортот многу зависат од видот на превезениот товар и неговите физичко механички карактеристики.

За двата вида на превезен товар (руда и јаловина) се усвоени исти вредности за коефициентот на техничка готовност и коефициентот на временско искористување на транспортниот систем бидејќи системот SkyLinks е така концепиран.

Од нашите анализи сметаме дека системот би можел да се надгради во некоја од наредните верзии со пресметување на овие коефициенти по вид на превезен товар.

Капацитетот на транспорт како критериум во оваа анализа е изразен во единица мерка [t·km] од причини што оваа мерна единица подобро ја отсликува извршената работа за превоз на ископината бидејќи транспортниот капацитет е функција од растојанието.

Вредностите на тежинските коефициенти најчесто се земаат од претходни истражувања во кои се вклучени лица, раководители на оделенија за транспорт во рудниците и експерти од областа на рудничкиот транспорт.

- **ЗА ТРАНСПОРТ НА ЈАЛОВИНА:**

Табела 9.2 Почетна матрица на одлучување со 6 критериуми и 12 алтернативи
Table 9.2 Initial matrix of decision with 6 criteria and 12 alternatives

Почетно	К1 – средна превезена маса во циклус (t/циклус)	К2- коэффициент на техничка готовност (%)	К3 – коэффициент на временско искористување (%)	К4- капацитет (tkm)	К5 – номинална носивост (t)	К6 –спец. потрошувач ка на гориво (l/km)
A1: Транспорт со дампер бр.9	89.0	81	62	133624	95	17.93
A2: Транспорт со дампер бр.12	95.0	72	62	91650	95	18.05
A3: Транспорт со дампер бр.14	97.4	87	35	85543	100	18.52
A4: Транспорт со дампер бр.15	97.7	88	71	165981	100	11.73
A5: Транспорт со дампер бр.16	99.5	68	73	122485	136	14.93
A6: Транспорт со дампер бр.17	94.5	90	74	164774	136	17.96
A7: Транспорт со дампер бр.19	101.1	51	70	87555	136	19.21
A8: Транспорт со дампер бр.20	95.2	77	68	184590	136	18.10
A9: Транспорт со дампер бр.21	82.2	86	77	244406	85	15.60
A10: Транспорт со дампер бр.22	86.3	65	77	234797	85	16.39
A11: Транспорт со дампер бр.23	84.4	94	78	320419	85	16.03
A12: Транспорт со дампер бр.24	78.1	65	77	207102	85	14.84
Екстрем	max	max	max	max	max	min

Табела 9.3 Линеаризирана матрица на одлучување

Table 9.3 Linearized matrix of decision

Алтерн./критериум	К1 - средна превезена маса во циклус (t/циклус)	К2 –коэф. на техничка готовност (%)	К3 – коэф. на временско искористувањ е (%)	К4 - капацитет (tkm)	К5 - номинална носивост (t)	К6 –специф. потрошувач ка на гориво (l/km)
A1: Транспорт со дампер бр.9	0.880317	0.861702	0.794872	0.417029	0.698529	0.654211
A2: Транспорт со дампер бр.12	0.939664	0.765957	0.794872	0.286032	0.698529	0.649861
A3: Транспорт со дампер бр.14	0.963403	0.925532	0.448718	0.266972	0.735294	0.633369
A4: Транспорт со дампер бр.15	0.966370	0.936170	0.910256	0.518012	0.735294	1.000000
A5: Транспорт со дампер бр.16	0.984174	0.723404	0.935897	0.382265	1.000000	0.785666
A6: Транспорт со дампер бр.17	0.934718	0.957447	0.948718	0.514245	1.000000	0.653118
A7: Транспорт со дампер бр.19	1.000000	0.542553	0.897436	0.273252	1.000000	0.610619
A8: Транспорт со дампер бр.20	0.941642	0.819149	0.871795	0.576089	1.000000	0.648066
A9: Транспорт со дампер бр.21	0.813056	0.914894	0.987179	0.762770	0.625000	0.751923
A10: Транспорт со дампер бр.22	0.853610	0.691489	0.987179	0.732781	0.625000	0.715680
A11: Транспорт со дампер бр.23	0.834817	1.000000	1.000000	1.000000	0.625000	0.731753
A12: Транспорт со дампер бр.24	0.772502	0.691489	0.987179	0.646347	0.625000	0.790431
Екстрем	max	max	max	max	max	min

Табела 9.4 Тежински нормализирана матрица на одлучување
 Table 9.4 Weighted normalized matrix of decision

Алтерн./критер.	К1 - средна превезена маса во циклус (t/циклус)	К2 –коэф. на техничка готовност (%)	К3 – коэф.на временско искористување (%)	К4 - капацитет (tkm)	К5 - номинална носивост (t)	К6 –специф. потрошувач- ка на гориво (l/km)
A1:Транспорт со дампер бр.9	0.088032	0.172340	0.119231	0.104257	0.104779	0.098132
A2: Транспорт со дампер бр.12	0.093966	0.153191	0.119231	0.071508	0.104779	0.097479
A3: Транспорт со дампер бр.14	0.096340	0.185106	0.067308	0.066743	0.110294	0.095005
A4: Транспорт со дампер бр.15	0.096637	0.187234	0.136538	0.129503	0.110294	0.150000
A5: Транспорт со дампер бр.16	0.098417	0.144681	0.140385	0.095566	0.150000	0.117850
A6: Транспорт со дампер бр.17	0.093472	0.191489	0.142308	0.128561	0.150000	0.097968
A7: Транспорт со дампер бр.19	0.100000	0.108511	0.134615	0.068313	0.150000	0.091593
A8: Транспорт со дампер бр.20	0.094164	0.163830	0.130769	0.144022	0.150000	0.097210
A9: Транспорт со дампер бр.21	0.081306	0.182979	0.148077	0.190692	0.093750	0.112788
A10: Транспорт со дампер бр.22	0.085361	0.138298	0.148077	0.183195	0.093750	0.107352
A11: Транспорт со дампер бр.23	0.083482	0.200000	0.150000	0.250000	0.093750	0.109763
A12: Транспорт со дампер бр.24	0.077250	0.138298	0.148077	0.161587	0.093750	0.118565
Екстрем	max	max	max	max	max	min

Табела 9.5 Вектор на резултати
Table 9.5 Vector of results

A1: Транспорт со дампер бр.9	0.686771
A2: Транспорт со дампер бр.12	0.640154
A3: Транспорт со дампер бр.14	0.620796
A4: Транспорт со дампер бр.15	0.810206
A5: Транспорт со дампер бр.16	0.746899
A6: Транспорт со дампер бр.17	0.803798
A7: Транспорт со дампер бр.19	0.653032
A8: Транспорт со дампер бр.20	0.779995
A9: Транспорт со дампер бр.21	0.809592
A10: Транспорт со дампер бр.22	0.756033
A11: Транспорт со дампер бр.23	0.886995
A12: Транспорт со дампер бр.24	0.737527

Табела 9.6 Оптимално решение
Table 9.6 Optimal solution

IV Матрица	Оптимум
11. Акција	0.886995

Оптимален дампер за транспорт на јаловина за условите во рудникот Бучим е Дамперот со интерен бр.23, тип Terex.

- **ЗА ТРАНСПОРТ НА РУДА:**

Табела 9.7 Почетна матрица на одлучување со 6 критериуми и 12 алтернативи
Table 9.7 Initial matrix of decision with 6 criteria and 12 alternatives

Алтернат./критер.	К1 - средна превезена маса во циклус (t/циклус)	К2 –коэф. на техничка готовност (%)	К3 – коэф.на временско искористува- ње (%)	К4 - капацитет (tkm)	К5 - номинална носивост (t)	К6 –специф. потрошувачка на гориво (l/km)
A1:Транспорт со дампер бр.9	92.0	81	62	171401	95	17.62
A2:Транспорт со дампер бр.12	95.0	72	62	226098	95	18.05
A3:Транспорт со дампер бр.14	104.1	87	35	114712	100	19.78
A4: Транспорт со дампер бр.15	102.4	68	71	165981	100	12.29
A5: Транспорт со дампер бр.16	95.7	90	73	122485	136	15.111
A6: Транспорт со дампер бр.17	103.1	90	74	395229	136	18.19
A7: Транспорт со дампер бр.19	103.1	51	70	210993	136	19.59
A8: Транспорт со дампер бр.20	100.4	77	68	200701	136	19.08
A9: Транспорт со дампер бр.21	84.3	86	77	142164	85	16.03
A10: Транспорт со дампер бр.22	87.5	65	77	76851	85	16.62
A11: Транспорт со дампер бр.23	86.9	94	78	123621	85	16.51
A12: Транспорт со дампер бр.24	84.3	65	77	86854	85	16.02
Екстрем	max	max	max	max	max	min

Табела 9.8 Линеаризирана матрица на одлучување
Table 9.8 Linearized matrix of decision

Алтерн./критерими	К1 - средна превезена маса во циклус (t/циклус)	К2 –коэф. на техничка готовност (%)	К3 – коэф. на временско искористување (%)	К4 - капацитет (tkm)	К5 - номинална носивост (t)	К6 – специф. потрошувач ка на гориво (l/km)
A1: Транспорт со дампер бр.9	0.891451	0.861702	0.794872	0.433675	0.698529	0.697503
A2: Транспорт со дампер бр.12	0.912584	0.765957	0.794872	0.572068	0.698529	0.680886
A3: Транспорт со дампер бр.14	1.000000	0.925532	0.448718	0.290242	0.735294	0.621335
A4: Транспорт со дампер бр.15	0.983670	0.936170	0.910256	0.719261	0.735294	1.000000
A5: Транспорт со дампер бр.16	0.967339	0.723404	0.935897	0.651015	0.735294	0.813369
A6: Транспорт со дампер бр.17	0.919308	0.957447	0.948718	1.000000	1.000000	0.675646
A7: Транспорт со дампер бр.19	1.990394	0.542553	0.897436	0.533850	1.000000	0.627361
A8: Транспорт со дампер бр.20	0.964457	0.819149	0.871795	0.507809	1.000000	0.644130
A9: Транспорт со дампер бр.21	0.809798	0.914894	0.987179	0.359700	0.625000	0.766687
A10: Транспорт со дампер бр.22	0.840538	0.691489	0.987179	0.194447	0.625000	0.739471
A11: Транспорт со дампер бр.23	0.834774	1.000000	1.000000	0.312783	0.625000	0.744397
A12: Транспорт со дампер бр.24	0.809798	0.691489	0.987179	0.219756	0.625000	0.767166
Екстрем	max	max	max	max	max	min

Табела 9.9 Тежински нормализирана матрица на одлучување
 Table 9.9 Weighted normalized matrix of decision

Алтернат./критер.	К1 - средна превезена маса во циклус (t/циклус)	К2 –коэф. на техничка готовност (%)	К3 – коеф. на временско искористување (%)	К4 - капацитет (tkm)	К5 - номинална носивост (t)	К6 –специф. потрошувачка на гориво (l/km)
A1: Транспорт со дампер бр.9	0.089145	0.172340	0.119231	0.108419	0.104779	0.104625
A2: Транспорт со дампер бр.12	0.091258	0.153191	0.119231	0.143017	0.104779	0.102133
A3: Транспорт со дампер бр.14	0.100000	0.185106	0.067308	0.072561	0.110294	0.093200
A4: Транспорт со дампер бр.15	0.098367	0.187234	0.136538	0.179815	0.110294	0.150000
A5: Транспорт со дампер бр.16	0.096734	0.144681	0.140385	0.162754	0.110294	0.122005
A6: Транспорт со дампер бр.17	0.091931	0.191489	0.142308	0.250000	0.150000	0.101347
A7: Транспорт со дампер бр.19	1.00000	0.108511	0.134615	0.133463	0.150000	0.094104
A8: Транспорт со дампер бр.20	0.941642	0.163830	0.130769	0.126952	0.150000	0.096619
A9: Транспорт со дампер бр.21	0.813056	0.182979	0.148077	0.089925	0.093750	0.115003
A10: Транспорт со дампер бр.22	0.853610	0.138298	0.148077	0.048612	0.093750	0.110921
A11: Транспорт со дампер бр.23	0.834817	0.200000	0.150000	0.078196	0.093750	0.111660
A12: Транспорт со дампер бр.24	0.772502	0.138298	0.140877	0.054939	0.093750	0.115075
Екстрем	max	max	max	max	max	min

Табела 9.10 Вектор на резултати
Table 9.10 Vector of results

A1: Транспорт со дампер бр.9	0.698539
A2: Транспорт со дампер бр.12	0.713609
A3: Транспорт со дампер бр.14	0.628469
A4: Транспорт со дампер бр.15	0.862248
A5: Транспорт со дампер бр.16	0.776853
A6: Транспорт со дампер бр.17	0.927075
A7: Транспорт со дампер бр.19	0.719732
A8: Транспорт со дампер бр.20	0.764616
A9: Транспорт со дампер бр.21	0.710714
A10: Транспорт со дампер бр.22	0.623712
A11: Транспорт со дампер бр.23	0.717083
A12: Транспорт со дампер бр.24	0.631119

Табела 9.11 Оптимално решение
Table 9.11 Optimal solution

IV Матрица	Оптимум
6. Акција	0.927075

Оптимален дампер за транспорт на руда за условите во рудникот Бучим е Дамперот со интерен бр.17, тип Cat 785.

Пресметките за избор на оптимален дампер за транспорт на руда и транспорт на јаловина се извршени со *Софтвер за Метода на едноставни адитивни тежини.*

9.3 Интерпретација на добиените резултати од повеќекритериумската оптимизација

Анализиран е ситем багер-дампер во рудникот за бакар Бучим, за транспорт на ископина (руда и јаловина) во времетраење од 270 работни смени или околу 2160 работни часа.

Рудата е транспортирана од етажите: 645, 480, 495, 480, 495, 480, 495, 510, 630 до примарната дробилка или на транспортни растојанија во интервал од 0,830 km до 1,829 km и јаловина од етажите: 645, 480, 495, 480, 495, 480, 495, 510, 615, 630, 645 615, 630 до јаловиште 1 и 2, на транспортно растојание од 0,443 km до 2,381 km.

Анализиран е возен парк од 12 дамperi произведени од три различни производители (CAT, Wabco и Terex) кои имаат различни технички перформанси.

Имајќи ги во предвид рударско-геолошките услови и организационо техничките фактори кои влијаат на работата на системот багер-дампер со методата на едноставни адитивни тежини е избран оптимален дампер за транспорт на руда - дампер бр. 17 (CAT 785) и оптимален дампер за транспорт на јаловина - дампер бр. 23 (Terexs).

Според добиените резултати за избор на оптимален дампер за транспорт на руда за условите во рудникот Бучим препорака е идните набавки на дамperi да бидат со технички карактеристики блиски на карактеристиките на дампер бр. 17, а коефициентот на временско искористување на транспортниот систем да не биде помал од 0,74 односно од 45 min за 1h.

Додека пак според добиените резултати за избор на оптимален дампер за транспорт на јаловина за условите во рудникот Бучим препорака е идните набавки на дамperi да бидат со технички карактеристики блиски на карактеристиките на дампер бр. 23, а коефициентот на временско искористување на транспортниот систем да не биде помал од 0,78 односно од 47 min за 1h.

Од ова може да се заклучи дека не е рационално да се врши транспорт на руда и јаловина со ист вид на дампер, туку за транспорт на руда треба да се користат дамперите со технички карактеристики кои ги има дамперот со бр. 17, а за транспорт на јаловина да се користат дамperi со технички карактеристики слични на карактеристиките на дампер бр. 23.

10. ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ ЗА ПОНАТАМОШНИ ИСТРАЖУВАЊА

При управувањето и раководењето со големи рударски претпријатија многу е битно благовременото добивање на информации за производниот систем и врз основа на тие информации донесување на правилни и благовремени менаџерски одлуки за превземање на конкретни активности со цел за подобрување на ефикасноста и економичноста на работењето на тој систем.

За добивање на најразновидни информации за: просторното позиционирање на машините, параметрите за носивоста, времетраењето на поединечните фази од товарниот и транспортниот циклус, потрошувачката на гориво, временското искористување, застоите на машините, следењето на содржината на корисната минерална суровина во фазата на експлоатација, многу значајна е примената на системите за надзор и управување со мобилна рударска опрема базирани на GPS технологиите и потпомогнати со радио-комуникациските и информатички технологии.

Истражувањата извршени во оваа докторска дисертација преку анализа на диспечерскиот систем за управување на мобилната рударска опрема со примена на GPS технологии, а притоа обработувајќи го како студија на случај Рудникот за производство на бакарна руда Бучим-Радовиш резултираа со следниве заклучоци и научни сознаниа:

1. Системите за надзор и диспечирање на мобилната рударска механизација базирани на GPS технологиите можат успешно да се применат во рудниците со површинска експлоатација на метални и неметални минерални суровини;
2. Примената на овие системи дава можности за зголемување на расположливоста, искористеноста и продуктивноста на мобилната рударска опрема;
3. Периодот на враќање на инвестициите за овие системи е многу мал, а заштедата многу голема;
4. Постои on-line набљудување на мобилната и стационарна опрема во реално време, на рудничка мапа со перформансите на копот;
5. Постои on-line мониторинг за моменталниот статус на опремата како што се: товарење, возење празен, возење полн, истоварење, мониторинг на брзината на движење и др;
6. Добивање на on-line извештаи за: застоите, потрошувачката на гориво и други технолошки параметри;
7. Добивање на on-line извештаи за техничко-економските параметри, како: остварено производство, квалитет на суровината, искористување на опремата и др;

8. Економската анализа на остварениот годишен економски ефект од примената на SkyLinks системот во Рудникот “Бучим” покажа дека тој изнесува **253.860 евра/год.**, при невалкулирана заштеда на гориво и временско искористување на транспортниот систем од **76%**, кое е поголемо за **5%** во споредба со временското искористување пред имплементирање на системот за диспечирање.

Податоците од овие генерирани извештаи за техничките и технолошките параметри се складираат во бази на податоци, на кои понатаму можат да се вршат разновидни обработки и статистички анализи.

Со статистичката анализа на 1369 нумерички податоци (генерирани од системот SkyLinks) за масата на превезениот товар со дампер бр. 17 во еден циклус, кој работи во Рудникот “Бучим” беше утврдено дека:

- масата на превезената руда во еден циклус на дамперот како случајна величина се потчинува на нормалниот закон на распределба на веројатностите;
- со 95,0% интервал на доверба може да се констатира дека средната маса на превезената руда во еден циклус се движи во интервалот помеѓу 95,2134 и 95,5995 t/циклус;
- вредноста на стандарна девијација на масата на превезената руда во еден циклус се движи во интервалот помеѓу 3,51326 и 3,78777 t.
- масата на превезената јаловина во еден циклус на дамперот бр. 17 како случајна величина се потчинува на нормалниот закон на распределба на веројатностите;
- со 95,0% интервал на доверба може да се констатира дека средната маса на превезената јаловина во еден циклус се движи во интервалот помеѓу 94,1317 и 94,8615 t/циклус;
- вредноста на стандарна девијација на масата на превезената јаловина во еден циклус се движи во интервалот помеѓу 3,39203 и 3,9096 t.

Исто така, со статистичката анализа на податоци за времето на траење на еден циклус на дамперот бр.19 беше утврдено дека:

- со 95,0% интервал на доверба може да се констатира дека средната маса на превезената руда во еден циклус се движи во интервалот помеѓу 104,456 и 106,54 t/циклус;
- вредноста на стандарна девијација на масата на превезената руда во еден циклус се движи во интервалот помеѓу 2,94918 и 4,45758 t;
- со 95,0% интервал на доверба може да се констатира дека средната маса на превезената јаловина во еден циклус се движи во интервалот помеѓу 98,9901 и 103,805 t/циклус;
- вредноста на стандарна девијација на масата на превезената јаловина во еден циклус се движи во интервалот помеѓу 6,26219 и 9,75928 t.

Статистичка анализа е извршена и на вкупното време на траење на циклусот на дампер бр. 17 при превоз на руда и дампер бр. 19 при превоз на јаловина.

- времето на траење на еден циклус на дамперот бр. 17 при превоз на руда како случајна величина се потчинува на нормалниот закон на распределба на веројатностите;
- средното време на траење на еден циклус на дамперот бр. 17 при превоз на руда изнесува 2310,69 s/циклус, а стандардната девијација 232,56 s;
- времето на траење на еден циклус на дамперот бр. 19 како случајна величина според резултатите од програмата Stat Gtatics се потчинува на нормалниот закон на распределба на веројатностите, со средното време на траење на еден циклус 843 s/циклус, а стандардната девијација 484,522 s;
- големата стандардна девијација, хистограмот, нормалните веројатности и густината укажуваат на тоа дека е голема веројатноста времето на еден циклус да се потчинува на експоненцијалната распределба.

Врз основа на добиените статистичките параметри за превезениот товар извршено е одредување на техничкиот часовниот капацитет на дамперот во функција од времето на траење на циклусот за условите во Рудникот “Бучим”. Исто така врз основа на податоците за временското искористување на машинскиот парк генерирани од системот SkyLinks пресметан е експлоатациониот капацитет на дампер бр. 17 и бр. 19. Со користење на Statgraphics програмата одредена е функционалната зависност помеѓу експлоатациониот капацитет и времето на траење на циклусот на дамперот и извршена е негова споредба со техничкиот капацитет при што е утврдено дека тој е помал за 33% во однос на техничкиот капацитет.

Извршена е повеќекритериумска оптимизација за избор на оптимален дампер при превоз на руда и јаловина за условите во Рудникот Бучим со методата на едноставни адитивни тежини. Оптимален дампер за превоз на руда е Дампер бр.17(CAT-785), а за превоз на јаловина Дампер бр.23 (TEREXS).

Имплементирањето на системот диспечирање SkyLinks во целост, во Рудникот за бакар “Бучим” ќе овозможи подобрување како на техничко-економските параметри така и на безбедноста при извршувањето на работните операции.

Понатамошните научни истражувања при имплементирањето на системот за надзор и управување со мобилна рударска опрема SkyLinks базиран на GPS технологијата треба да се вршат во насока на негово надоградување со софтвер за автоматско одредување на оптимална рута на движење на камионите со примена на динамичкото програмирање.

ЛИТЕРАТУРА

1. Borovic R. [1995]: Kamionski transport na površinskim kopovima (monografija), RGF Beograd.
2. Vujic, Slobodan, „Automatizacija I upravljanje procesima u rudarstvo-racunarski podrzani sistemi dalinskog nadzora I upravljanija u realnom vremenu“, Univerzitet u Beograd- Rudarskogeoloski Fakultet 2012.
3. Vujić S., Miljanović I., Petrovski A. (2006): GPS Supported Systems for Surveillance and Monitoring of Energetic and Technological Parameters at Open Pit Mines, Modern Techniques and Technologies in Mining, Faculty of Mining and Geology, Book of Proceedings, Štip, Makedonija pp.1-10.
4. Vujić S., Ivić, A., 1991: Matematičke metode u rudarstvu I geologiji, RGF Beograd.
5. Vukadinović S., 1975: Elementi teorije masovnog opsluživanja, Beograd.
6. Десподов З., [2002]: Руднички транспорт (интерна скрипта-не публицирана), РГФ - Штип.
7. E. Wusaty ,L. Paulhus, 1995,:Mining’s new frontier: The Fording Coal G.P.S. experience, MPES, 1995, Balkema, Rotterdam, ISBN 9054105690.
8. Žiljak V., 1982: Simulacija računalom, Sveučilišna naklada LIBER, Zagreb.
9. Зборник на трудови, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“- Скопје, Рударско геолошки факултет – Штип, 2002 година.
10. Ivković Z., 1980: Teorija verovatnoća sa matematičkom statistikom, Beograd
11. Јордан Б. Живановиќ, „Веројатносни модели на решенијата при водење на површински коп – Бучим“, Св. Кирил и Методиј- Скопје, РГФ- Штип, магистерска работа 1997 година.
12. Кепески Б., 1994-96: Истражување на моделите во системите за масовно опслужување (СМО) кај поголемите површински коповина корисна минерална суровина, Научен проект, Рударско-геолошки факултет, Штип.
13. Kolonja B., 1985: Primena stohastičke simulacije za izbor racionalne strukturne diskontinualno tehnološkog sistema bager-damper u uslovima površinske eksploatacije ležišta mineralnih sirovina, Magistarski rad, RGF Beograd.
14. Kolonja B., 1993: Model optimizacije utovarno-transportnog sistema bageri-kamioni na površinskim kopovima, Doktorska disertacija, RGF Beograd.

15. Кепески Б., 1994-96: Истражување на моделите во системите за масовно опслужување (СМО) кај поголемите површински коповина корисна минерална сировина, Научен проект, Рударско-геолошки факултет, Штип.
16. Klimov G., 1983: Probability Theory and Mathematical Statistics, Moscow.
17. Kolonja B., 1985: Primena stohastičke simulacije za izbor racionalne strukturne diskontinualno tehnološkog sistema bager-damper u uslovima površinske eksploatacije ležišta mineralnih sirovina, Magistarski rad, RGF Beograd.
18. Kartikeya Verma, Amit Kr. Montu, V.K. Anand [2001]: GPS based truck disptach system at West Bokaro collieries - Asian GPS Conference, 2001.
19. Pavlović V., 1989: Pouzdanost diskontinualnih sistema u površinskoj eksploataciji, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
20. Фирмен материјал на фирмата НОАК ЕООД- Бугарија.
21. Фирмен материјал на рудникот Бучим- Македонија.
22. Чекеровски, Т. „Устройство за снемане на GPS координати“, ТУ, ФКСУ – Софија, магистерска работа 2008 година.
23. Čupić M., Suknović M., 1994: Višekriterijumsko odlučivanje: metode i primeri, Univerzitet BK, Beograd.
24. Čupić M., Tumala R., 1991: Savremeno odlučivanje: metode i primena, Naučna knjiga, Beograd.