



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

**UNIVERSITY GOCE DELCEV - STIP  
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

UDC: 622:55:574:658

ISSN:1857-6966  
DOI: 10.46763/NRT

# **Природни ресурси и технологии Natural resources and technology**

**Број 1  
No 1**

**Година 15  
Volume XV**

**Јуни 2021  
June 2021**

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

---



**Природни ресурси и технологии  
Natural resources and technologies**

**Јуни 2021  
June 2021**

**ГОДИНА 15  
БРОЈ 1**

**VOLUME XV  
NO 1**

---

**UNIVERSITY “GOCE DELCEV” – STIP  
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES  
DOI: <https://www.doi.org/10.46763/NRT21151>**

---

**ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ**  
**NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGIES**

**За издавачот**

Проф. д-р Зоран Десподов

**Издавачки совет**

Проф. д-р Блажо Боев  
Проф. д-р Зоран Десподов  
Проф. д-р Лилјана Колева - Гудева  
Проф. д-р Зоран Панов  
Проф. д-р Борис Крстев  
Проф. д-р Мирјана Голомеова  
Проф. д-р Благој Голомеов  
Проф. д-р Дејан Мираковски  
Проф. д-р Тодор Серафимовски  
Проф. д-р Војо Мирчовски  
Проф. д-р Тена Шијакова - Иванова  
Проф. д-р Соња Лепиткова  
Проф. д-р Гоше Петров  
Проф. д-р Кимет Фетаху,  
(Политехнички универзитет во Тирана, Р.Албанија)  
Проф. д-р Ивајло Копрев,  
(МГУ Софија, Р. Бугарија)  
Проф. д-р Никола Лилиќ,  
(Универзитет во Белград, Р. Србија)  
Проф. д-р Јоже Кортник  
Универзитет во Љубљана, Р. Словенија  
Проф. д-р Даниела Марасова,  
(Технички универзитет во Кошице, Р. Словачка)

**Editorial board**

Prof. Blazo Boev, Ph.D  
Prof. Zoran Despodov, Ph.D  
Prof. Liljana Koleva - Gudeva, Ph.D  
Prof. Zoran Panov, Ph.D  
Prof. Boris Krstev, Ph.D  
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D  
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D  
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D  
Prof. Todor Serafimovski, Ph.D  
Prof. Vojo Mircovski, Ph.D  
Prof. Tena Sijakova - Ivanova, Ph.D  
Prof. Sonja Lepitkova, Ph.D  
Prof. Gose Petrov, Ph.D  
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D  
R. Albania  
Prof. Ivajlo Koprev, Ph.D  
R. Bulgaria  
Prof. Nikola Lilik, Ph.D  
R. Srbija  
Prof. Joze Kortnik, Ph.D  
R. Slovenia  
Prof. Daniela Marasova, Ph.D  
R. Slovacka

**Редакциски одбор**

Проф. д-р Зоран Десподов  
Проф. д-р Зоран Панов  
Проф. д-р Борис Крстев  
Проф. д-р Мирјана Голомеова  
Проф. д-р Благој Голомеов  
Проф. д-р Дејан Мираковски  
Проф. д-р Николинка Донева  
Проф. д-р Марија Хаци - Николова

**Editorial staff**

Prof. Zoran Despodov, Ph.D  
Prof. Zoran Panov, Ph.D  
Prof. Boris Krstev, Ph.D  
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D  
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D  
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D  
Prof. Nikolinka Doneva, Ph.D  
Prof. Marija Hadzi - Nikolova, Ph.D

**Главен и одговорен уредник**  
Проф. д-р Афродита Зенделска

**Managing & Editor in chief**  
Prof. Afrodita Zendelska, Ph.D

**Јазично уредување**  
Весна Ристова  
(македонски јазик)

**Language editor**  
Vesna Ristova  
(macedonian language)

**Техничко уредување**  
Кире Зафиров

**Technical editor**  
Kire Zafirov

**Редакција и администрација**  
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип  
Факултет за природни и технички науки  
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип  
Република Северна Македонија  
URL:

**Address of the editorial office**  
Goce Delcev University - Stip  
Faculty of Natural and Technical Sciences  
Goce Delcev 89, Stip  
Republic of North Macedonia  
<https://js.ugd.edu.mk/index.php/NRT/index>

---

## С о д р ж и н а / C o n t e n t s

<b>Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски, Ванчо Адјиски</b> ФИЗИЧКИ И ХЕМИСКИ ПРОЦЕСИ ПРИ ПОДЗЕМНАТА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН <b>Radmila Karanakova Stefanovska, Zoran Panov, Risto Popovski, Vancho Adjiski</b> PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESSES UNDER THE UNDERGROUND COAL GASIFICATION .....	5
<b>Зоран Панов, Ванчо Адјиски, Гоце Златков, Радмила К. Стефановска, Ристо Поповски</b> НОВ ПРИСТАП КОН ВОВЕДУВАЊЕ НА ДИГИТАЛНА ГРАНУЛОМЕТРИСКА АНАЛИЗА НА ИЗДРОБЕН МАТЕРИЈАЛ <b>Zoran Panov, Vancho Adjiski, Goce Zlatkov, Radmila K. Stefanovska, Risto Popovski</b> A NEW APPROACH FOR INTRODUCTION OF DIGITAL GRANULOMETRIC ANALYSIS OF CRUSHED MATERIAL .....	13
<b>Ванчо Адјиски, Зоран Панов, Гоце Златков, Ристо Поповски,</b> <b>Радмила Каранакова Стефановска</b> МЕТОДОЛОГИЈА ЗА АВТОМАТИЗИРАН ПРИСТАП ПРИ УТВРДУВАЊЕ НА СТЕПЕНОТ НА ИСПУКАНОСТ (RQD) НА ЈАДРА ОД ИСТРАЖНИ ДУПНАТИНИ СО ПОМОШ НА ФОТОГРАФИИ <b>Vancho Adjiski, Zoran Panov, Goce Zlatkov, Risto Popovski,</b> <b>Radmila Karanakova Stefanovska</b> METHODOLOGY FOR AUTOMATED APPROACH IN DETERMINING THE ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD) INDEX FROM DRILL CORE PHOTOGRAPHS .....	27
<b>Тодор Серафимовски, Ивица Ристовиќ, Блажо Боев, Горан Тасев,</b> <b>Иван Боев, Далибор Серафимовски, Матеј Доленец</b> МИНЕРАЛОШКИ АНАЛИЗИ НА ПРИМЕРОЦИ ОД СТАРОТО ХИДРОЈАЛОВИШТЕ НА РУДНИКОТ БОР, РЕПУБЛИКА СРБИЈА <b>Todor Serafimovski, Ivica Ristović, Blažo Boev, Goran Tasev,</b> <b>Ivan Boev, Dalibor Serafimovski, Matej Dolenc</b> MINERALOGICAL ANALYSIS OF SAMPLES FROM THE OLD BOR MINE FLOTATION TAILING, REPUBLIC SERBIA .....	37
<b>Митко Јанчев, Иван Боев</b> КАРАКТЕРИСТИКИ НА РАДНОТ ОД ФОСОФИГИПСНИОТ ОТПАД ВО БЛИЗИНА НА ЛОКАЛИТЕТОТ ЗГРПОЛЦИ, ВЕЛЕС, РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА <b>Mitko Jancev, Ivan Boev</b> RADON FOOTPRINT FROM THE PHOSPHOGYPSUM WASTE STACK NEAR ZGRPOLCI LOCALITY, VELES, REPUBLIC NORTH MACEDONIA .....	51
<b>Митко Јанчев, Иван Боев</b> ВЛИЈАНИЕ НА ГИПСОТ ОД ДЕПОНИЈАТА ЗГРОПОЛЦИ (ХЕМИСКА ИНДУСТРИЈА-ХИВ-ВЕЛЕС) ВРЗ СКУЛПТУРИТЕ ОД АРХЕОЛОШКИОТ ЛОКАЛИТЕТ СТОБИ, СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА <b>Mitko Jancev, Ivan Boev</b> IMPACT OF GYPSUM FROM THE ZGROPOLCI LANDFILL (CHEMICAL INDUSTRY – HIV- VELES) ON THE SCULPTURES AT THE ARCHAEOLOGICAL SITE STOBI, NORTH MACEDONIA .....	65

---

<b>Благица Донева</b> ВЛИЈАНИЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНЕТНО ЗРАЧЕЊЕ ВРЗ ЗДРАВЈЕТО НА ЧОВЕКОТ <b>Blagica Doneva</b> INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON HUMAN HEALTH .....	71
<b>Афродита Зенделска, Мирјана Голомеова, Благој Голомеов</b> ОДРЕДУВАЊЕ НА ВОЛУМЕН НА БАЗЕН ЗА ИЗЕДНАЧУВАЊЕ НА ПРОТОКОТ И СОСТАВ НА ОТПАДНА ВОДА <b>Afrodita Zendelska, Mirjana Golomeova, Blagoj Golomeov</b> DETERMINATION OF THE VOLUME OF FLOW EQUALIZATION BASIN IN WASTEWATER TREATMENT .....	83
<b>Цветанка Панова, Мирјана Голомеова</b> ОДРЕДУВАЊЕ НА ОПТИМАЛНА КОЛИЧИНА НА ЗАЛИХИ И НИВНО УПРАВУВАЊЕ <b>Cvetanka Panova, Mirjana Golomeova</b> DETERMINING OPTIMAL INVENTORY LEVELS AND THEIR MANAGEMENT .....	93
<b>Екатерина Намичева, Петар Намичев</b> ТРАДИЦИОНАЛНАТА КОНСТРУКЦИЈА НА МАКЕДОНСКАТА КУЌА ОД 19-ОТ ВЕК <b>Ekaterina, Namicheva, Petar, Namicev</b> THE TRADITIONAL CONSTRUCTION OF THE MACEDONIAN HOUSE FROM THE 19TH CENTURY .....	107



## НОВ ПРИСТАП КОН ВОВЕДУВАЊЕ НА ДИГИТАЛНА ГРАНУЛОМЕТРИСКА АНАЛИЗА НА ИЗДРОБЕН МАТЕРИЈАЛ

Зоран Панов<sup>1</sup>, Ванчо Аџиски<sup>1</sup>, Гоце Златков<sup>2</sup>, Радмила К. Стефановска<sup>1</sup>,  
Ристо Поповски<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Универзитет „Гоце Делчев“, Штип  
<sup>2</sup>Генезис Ресоурцес Интернешнл, Пробиштип  
zoran.panov@ugd.edu.mk

**Апстракт.** Во овој труд е направен обид за дефинирање на пристап за воведување на дигитална гранулометриска анализа на издробен материјал со примена на фотограметриски методи и користење на софтвер за препознавање и анализа на парчиња. За потребите на трудот се направени геометриски анализи на издробен материјал во лабораториски услови од челојска дробилка. На база на добиените резултати и примена на софтверски решенија, е направена проценка на гранулацијата. Моделираната гранулација даде можност за изведување на одредени заклучоци и предлози за понатомошно користење на овие методи за изведување на гранулометриската анализа, не само во лабораториски услови, туку и in situ, на издробен материјал по минирање, товарење, транспорт, истоварање и др.

**Клучни зборови:** софтвер, гранулометриска анализа, фотограметрија, анализа на парчиња.

## A NEW APPROACH FOR INTRODUCTION OF DIGITAL GRANULOMETRIC ANALYSIS OF CRUSHED MATERIAL

Zoran Panov<sup>1</sup>, Vancho Adjiski<sup>1</sup>, Goce Zlatkov<sup>2</sup>, Radmila K. Stefanovska<sup>1</sup>,  
Risto Popovski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Goce Delcev University, Stip, Macedonia  
<sup>2</sup>Genezis Resources International, Probištip  
Zoran.panov@ugd.edu.mk

**Abstract.** In this paper, an attempt was made to define the approach for introduction of digital granulometric analyze of the crushed material by applying photogrammetric methods and using software for recognition and analysis of pieces. For the needs of the work, geometric analyzes of the crushed material in laboratory conditions were made from a jaw crusher. Based on the obtained results and application of software solutions, granulation assessment was made. The modeled granulation gave the ability to perform certain conclusions and suggestions for further use of these methods for determining the granulometric analyze not only in laboratory conditions but also in situ, of crushed material after blasting, loading, transport, unloading etc.

**Key words:** software, granulometric analyze, photogrammetry, analyze of particles.

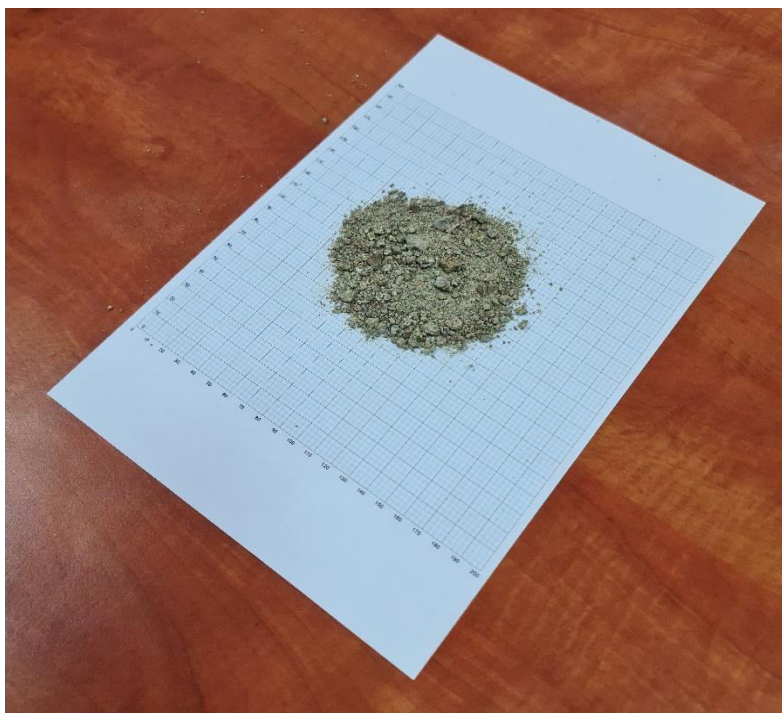
### 1. Вовед

Користењето на фотограметриските методи за 3D реконструкција на површини на тела, потоа на површини на терен, во последните години со развојот на дигиталната фотографија сè повеќе се применува и станува една од ефикасните методи за 3D моделирање. Во последните 10 – тина година, експанзија доживеа и LIDAR технологијата која со помош на користење на ласер врши одредување на растојанијата од изворот на емисија до телото – површината што се снима. Која од овие две методи ќе биде применета зависи пред сè од намената на снимањето, потребната прецизност, големината на просторот или поточно кажано површината што се снима, условите на снимањето и сл.

Многу е полесно да направите снимање со дигитален апарат или пак со LIDAR, да дефинирате 2D или 3D модел, на кој софтверски би му ја пресметале гранулацијата отколку на истиот во зависност од големината на парчињата, би направеле ситова анализа или некоја друга метода за одредување на гранулометрискиот состав. Фотограметријата и LIDAR технологијата секако се многу поефтини, побрзи и пофлексибилни методи кои лесно се применливи и адаптабилни кон различните услови не само при лабораториски, туку и in situ мерења.

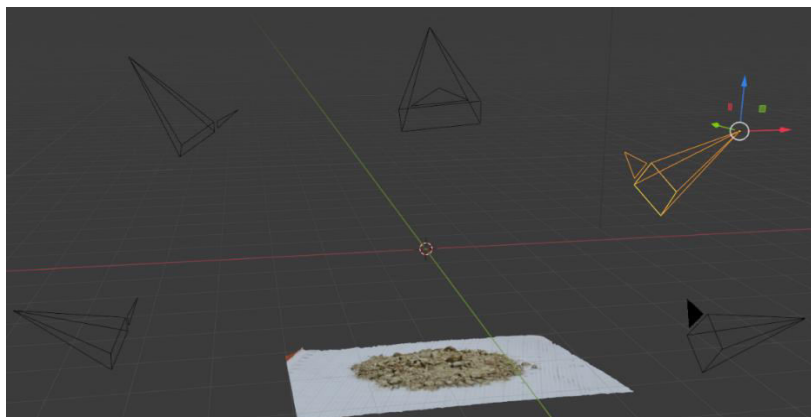
Ако имате дигитален фотоапарат, пожелно DSLR и ја знаете оддалеченоста до објектот, тогаш можете овие направени фотографии, под разни агли и со познатите растојанија да ги претворите во 3D модел користејќи софтвер за 3D реконструкција на 2D фотографии како што е на пример open source софтверот Meshroom [1]. Новоформиранитот 3D модел може да го анализирате во било кој CAD софтвер на пример OpenSCAD [6] или уште подобро во софтвери во кои може да направите и одредени физички моделирања, на пример во Blender [2][3] или FreeCAD [6][7] софтверот во кој е можно параметриско 3D моделирање. Фотографирањето може да го направите и со мобилен телефон, ако истиот има поквалитетна дигитална камера.

Техниката не претставува толку голем проблем, колку што претставува поставеноста на точките за фотографирање, како и методологијата за нејзиното понатамошно обработување. Ако не ги знаете растојанијата или тешко може да ги измерете, тогаш е потребно на фотографијата да вметнете размерник со кои би направиле споредба и мерење на димензиите на парчињата. Ако станува збор за лабораториски здробен материјал, истиот треба да го поставите врз милиметарска хартија или подготвена хартија со нацртани линии во одреден размер (Слика 1). На база на овие линии понатаму ќе може да се нацрта и дефинира размерникот на сликата која ќе се обработува (Слика 6).



Слика 1. 2D фотографија на издробен материјал  
Picture 1. 2D photo of crushed material

Ако сакате да прикажете објект кој е повисок од местото од каде снимате, или пак поради неговите димензии, треба да се фотографира од поголеми растојанија, тогаш ќе треба да фотографирате од вештачки поставени места (на одредена висина), или да вклучите користење на дронави со камери со повисока резолуција.



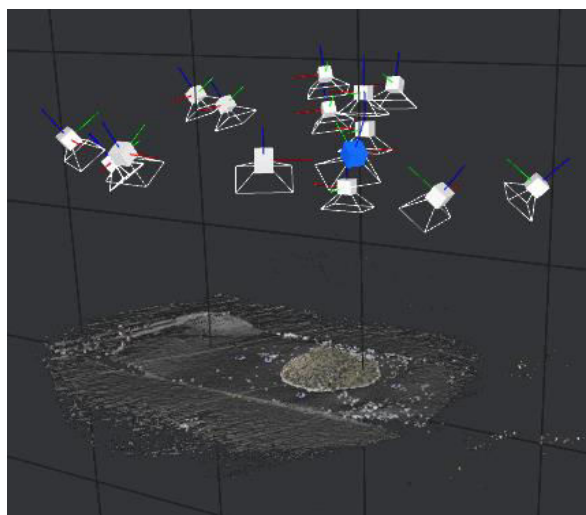
Слика 2. Методологија за фотографирање на издробен материјал од повеќе  
позиции (точки) на снимање

Figure 2. Schematic view of taking photos of crushed material from several positions (points)

## 2. Фотограметриска метода за гранлометрииска анализа на издробен материјал

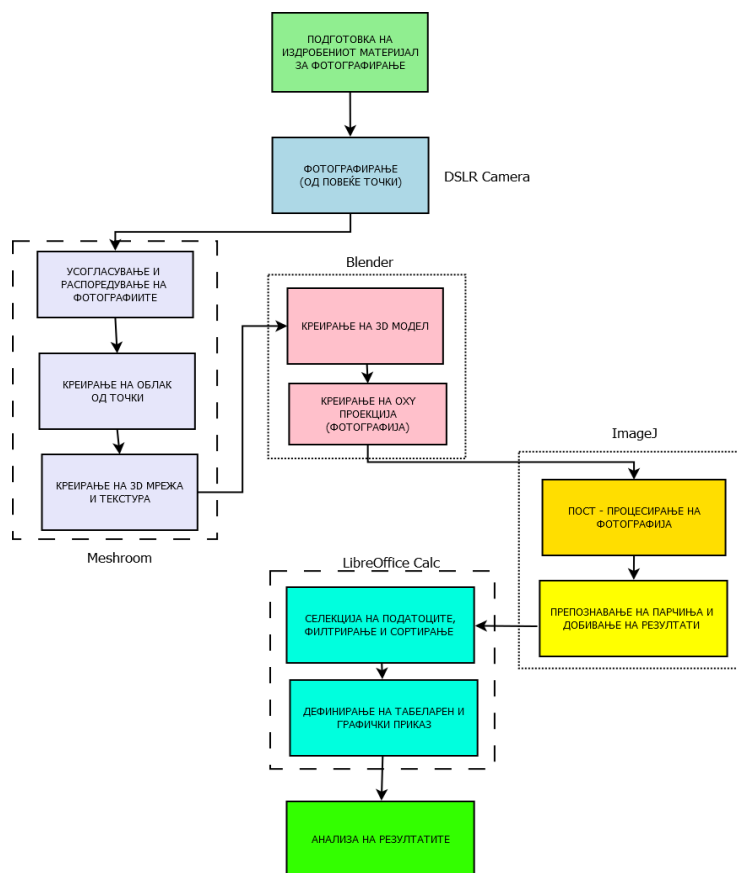
Пристапот кон воведување на дигитална геометриска анализа на издробен материјал започнува со фотографирање на материјалот, потоа 3D фотограметриска реконструкција и формирање на модел. Од моделот се изработува фотографија од неговата OXY проекција. Оваа слика потоа се обработува и се врши нејзино дигитално препознавање на парчињата. Блок дијаграмот на целата постапка е дадена на Слика 4.

За да имате квалитетно добиен 3D модел, кој би послужил за изведување на гранулометриски анализи, освен наведената опрема и методологија, потребно е и исполнување на уште неколку главни услови. Најнапред е потребно да се дефинира потребната резолуција на снимање, односно фотографијата да биде во најмалку 20 MP на квадратен инч (PPI). Ова значи дека во површина од еден квадратен инч (25.4 x 25.4 mm), сликата има 20 милиони пиксели односно точки со одредена боја. При фотограметриското одредување на гранулација не е потребна голема „длабина“ на бои. Доволно е користење на 8 bit – на палета на “grayscale“ слики [11]. Значи, фотографијата да биде во максимум  $2^8$ , односно 256 сиви нијанси. Освен ова, потребно е при снимањето да се користи снимање со кое би се избегнале сенките или полусенките од осветлувањето. Ова значи и дополнителни активности поврзани со осветлување на просторот кој се снима [5][12], како и дополнителни постпроцесорски обработки на самите дигитални фотографии.



Слика 3. Приказ на позиционирани камери (точки на фотографирање) за почеток на 3D реконструкција  
Figure 3. Preview of cameras position (point of taking of photo) for beginning of 3D reconstruction





Слика 4. Блок дијаграм на процесот на дигитална геометриска анализа  
 Figure 4. Block diagram on process for digital geometric analyze

После 3D реконструкција на дигиталните фотографии од издробениот материјал, добиена е 3D слика (Слика 5), на која се гледа модел на моделирани парчиња.



Слика 5. 3D модел на издробениот материјал  
 Figure 5 3D model of crushed material

Имајќи во предвид дека станува збор за 3D модел, тој може со софтверско постпроцесирање да се претстави во план и тоа со „идеално“ центрирање на камерата во пресекот на дијагоналите на дигиталната фотографија. Слика 6 е 2D проекција на оваа 3D

слика, на која е даден и модел на рулер, односно размерник со должина од 10 mm. На база на овој рулер е направено мерење на димензиите на дигитализираните парчиња од издробениот материјал.



Слика 6. OXY проекција на генериран 3D модел подготвен за анализа на големина на парчиња  
Picture 6. Plane projection of generated 3D model prepared for analyze particles

### 3. Моделирање на димензиите на парчиња и гранулометришка анализа

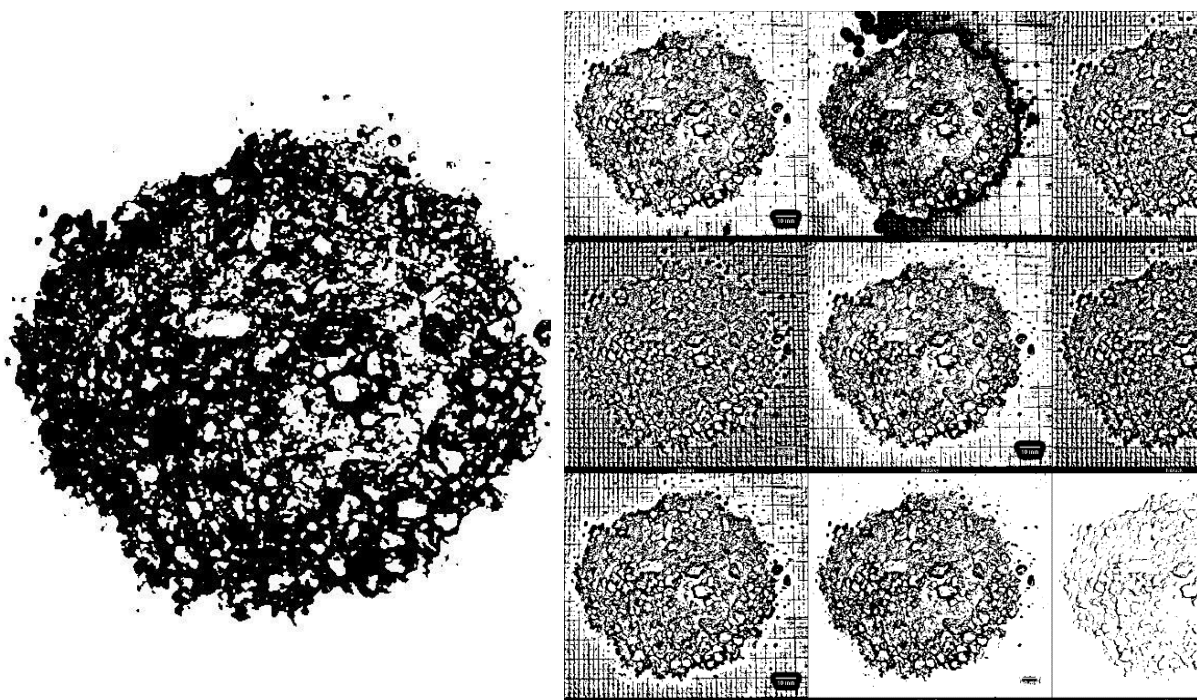
Одредувањето на димензиите на парчињата е извршено со примена на софтверот ImageJ [4][8][9][10], при што е користена следната макро скрипта која е напишана за потребите на овој труд. Во оваа макро скрипта е даден еден можен пристап кон подготовка и сетирање на фотографија за понатамошна анализа на парчиња. Во вториот дел на скриптата се дефинира и размерник, потоа се врши избор и сетирање на одреден вид на мерења и на крајот се изведува анализа на парчиња.

```
macro_name = "AnalizaNaParcinja Macro for ImageJ, analiza.ijm" ;
```

```
open("proekcija_OXY.png");  
// Konverzija vo fotografija so 8 bit-na paleta (grayscale 256 nijansi)  
run("8-bit");  
// Postavuvanje na prag na pozadina na fotografija  
setAutoThreshold("Default dark");  
// Setiranje na prag na osvetlenost za konvertiranje vo B&W fotografija – vo zavisnost od uslovite,  
ovie vrednosti  
// treba da se koregiraat  
setThreshold(125,155);  
// Setiranje na pozadina  
setOption("BlackBackground", false);  
  
// Konverzija  
run("Convert to Mask");  
saveAs("PNG", "model_1.png");
```

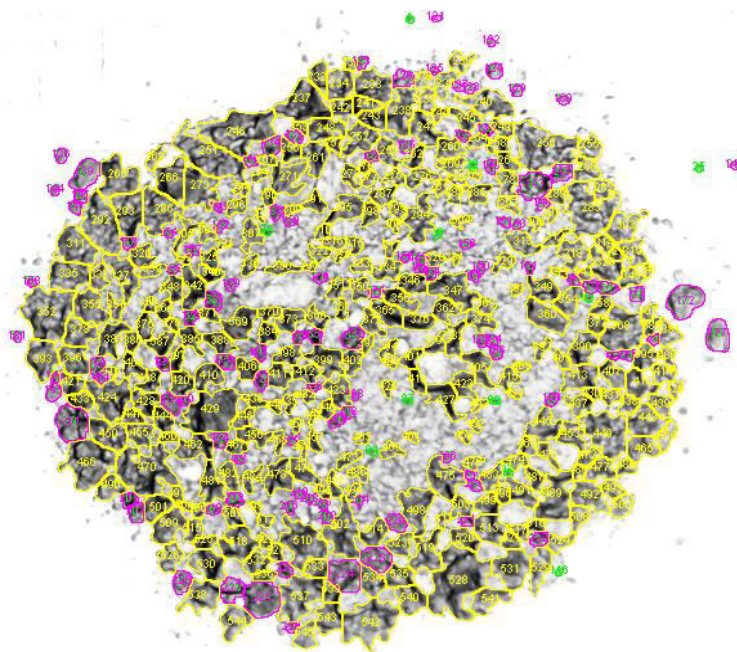
```
// Definiranje na razmernik 55 pix = 10 mm – da se izmeri na fotografijata kolu pikseli e dolzinata na odgovara
// razmernikot
run("Set Scale...", "distance=55 known=10 unit=mm global");
// Setiranje na merenja – ovde e primer vo koj e daden samo eden del od setiranjata. Mozat da se dodadat i drugi
run("Set Measurements...", "area mean standard modal min centroid center perimeter bounding fit shape integrated median skewness kurtosis area_fraction stack display redirect=None decimal=2");
// Analiza na parcinja
run("Analyze Particles...", "size=1-Infinity show=Outlines display exclude include in_situ");
setAutoThreshold("Mean stack");
//setThreshold(32, 71);
run("Convert to Mask");
saveAs("PNG", "model_2.png").
```

По неколкукратно стартувањето на оваа макро скрипта во ImageJ и избор на различни вредности за прагот на осветленост со рачно менување во макро скриптата, добиени се следните 10 резултати, прикажани во Слика 7. Потребно е да се избере онаа пост - процесирана фотографија која ќе има „најостри“ граници за полесно автоматско препознавање со софтверот ImageJ.



Слика 7. Сет на пост - процесирани фотографии за анализа на големина на парчиња  
Figure 7. Set of post - processing pictures for Analyzed ofr particles size

Односно, по анализата на парчињата е добиена сликата со добиени димензии на препознаени парчиња на материјал (Слика 8).



Слика 8. Обработена слика во ImageJ (жолта боја – моделирани парчиња)  
(зелена боја – сите моделирани парчиња, виолетова – премали парчиња, црвена – преголеми парчиња)  
Picture 8. Analyzed pictures in ImageJ (green – all modelling particles, magenta – too small size particles, red -  
too large size particles)

Врз основа на резултатите од анализата на парчиња во софтверот ImageJ е добиена табела со вкупно препознаени 545 парчиња, со површина од 62.40 mm<sup>2</sup>, потоа 47.18 mm<sup>2</sup> па сè до 0.89 mm<sup>2</sup>. По ова моделирање потребно е да се пристапи кон дополнително визуелно прегледување на фотографијата со цел да се дојде до првични констатации дали со софтверското препознавање се издвоени поголемиот дел од анализираните парчиња. Потоа направена е селекција, филтрирање и сортирање на податоците во LibreOffice Calc табеларниот софтвер. Во продолжение дадена е Табела 1, која заради подобар приказ е поделена во две Табели 1-1 и 1-2. Податоците во оваа табела се сортирани според дијаметарот на моделираните парчиња, прикажани во форма на топка.

Табела 1-1. Анализа на парчиња

Table 1-1. Analyze of particles

Ред. бр.	Ознака на парче	Површина	Дијаметар на идеална топка	Центар на маса на парче		Периметар
				ХМ	УМ	
		mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm
1	528	62.40	8.91	66.80	87.08	41.53
2	246	47.18	7.75	35.52	20.10	33.86
3	250	44.52	7.53	79.07	22.54	31.75
4	470	44.25	7.51	22.05	70.53	40.13
5	352	44.08	7.49	8.08	47.12	28.38
6	542	40.37	7.17	54.26	93.12	31.41
7	251	40.13	7.15	31.18	23.92	34.93
8	429	39.24	7.07	31.64	61.85	29.36



9	283	39.11	7.06	85.71	31.88	34.34
10	466	38.15	6.97	13.91	69.44	28.41
11	292	34.88	6.66	15.72	34.06	26.52
12	449	32.33	6.42	88.19	64.99	26.06
13	510	31.03	6.29	44.61	81.30	29.39
14	537	30.83	6.27	44.15	89.27	27.38
15	237	29.98	6.18	44.79	16.07	24.12
16	368	29.77	6.16	90.44	49.78	24.60
17	489	27.29	5.89	80.85	74.73	26.51
18	424	27.22	5.89	17.02	59.75	26.24
19	502	26.74	5.83	50.44	79.77	29.17
20	286	25.65	5.71	23.91	32.04	24.12
...						
543	88	0.89	1.06	72.22	60.31	3.67
544	94	0.89	1.06	54.62	67.87	3.46
545	116	0.89	1.06	81.39	85.64	3.35
545	Вкупно	3966.22				

Табела 1-2. Анализа на парчиња

Table 1-2. Analyze of particles

Ред. бр.	Ознака на парче	Елипса				Feret дијаметар			AR
		Главна оска	Споредна	Агол	Закривеност	MAX	MIN	Агол	
		mm	mm	°deg		mm	mm	°deg	
1	528	10.92	7.27	68.38	0.45	11.82	8.13	104.47	1.50
2	246	10.42	5.76	9.13	0.52	11.56	7.43	8.26	1.81
3	250	9.16	6.19	163.26	0.56	10.65	7.22	146.31	1.48
4	470	8.17	6.89	167.47	0.35	9.99	7.77	152.49	1.19
5	352	7.90	7.10	85.35	0.69	9.17	7.44	49.90	1.11
6	542	8.44	6.09	25.39	0.51	9.53	7.17	31.53	1.39
7	251	11.99	4.26	147.91	0.41	12.67	4.88	133.23	2.81
8	429	8.60	5.81	32.11	0.57	9.99	6.64	27.51	1.48
9	283	7.53	6.61	124.20	0.42	9.15	8.01	48.27	1.14
10	466	7.15	6.80	71.99	0.59	8.70	7.27	17.28	1.05
11	292	9.24	4.80	110.29	0.62	10.04	5.35	110.43	1.92
12	449	7.56	5.44	128.82	0.60	8.56	6.18	142.88	1.39
13	510	7.27	5.44	127.19	0.45	8.89	6.25	131.63	1.34
14	537	7.66	5.12	50.43	0.52	9.14	5.99	43.36	1.50
15	237	6.91	5.52	8.23	0.65	8.47	6.28	168.69	1.25
16	368	6.69	5.66	65.22	0.62	7.49	6.13	38.00	1.18
17	489	7.88	4.41	74.27	0.49	8.86	5.25	54.32	1.79
18	424	6.25	5.55	127.46	0.50	7.75	6.22	128.23	1.13



19	502	7.77	4.38	93.01	0.40	9.71	5.42	104.30	1.77
20	286	6.35	5.14	93.87	0.55	7.68	5.91	99.69	1.24
...									
543	88	1.55	0.73	177.98	0.83	1.58	0.74	20.56	2.12
544	94	1.34	0.84	155.77	0.93	1.49	0.92	150.26	1.59
545	116	1.25	0.90	54.46	0.99	1.33	0.99	33.69	1.39

Во Табелите 1-1 и 1-2 се дадени дел од информациите од 545 – те препознаени парчиња со софтверот ImageJ. Направената анализа покажа дека еден голем дел од парчињата се со многу мала површина. Моделирањето на парчињата е извршено со нивна замена со точести форми со **дијаметар**  $d$ . Односно, врз основа на површината на било кое препознаено парче, направена е пресметка на дијаметарот на неговата проекција во форма на круг. Тоа значи ако површината на препознаеното парче е  $A$ , дијаметарот на претпоставената проекција на кругот, од моделираната форма на топка изнесува:

$$d = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (1)$$

Врз основа на равенката (1), направена е пресметка на дијаметарот на сите моделирани парчиња во форма на топка. При тоа, најголемото моделирано парче е со површина од  $62.40 \text{ mm}^2$ , а најмалото со површина од околу  $0.89 \text{ mm}^2$ .

Во Табела 1-1 и 1-2 за секое парче, означено со соодветната ознака, во посебни колони дадени се дополнителни податоци кои ќе бидат објаснети во продолжение.

**Центар на маса** е тежиштето прикажано преку координатите  $X_M$  и  $Y_M$  на точката која е во центарот на распределба на масата на соодветното моделирано парче.

**Периметарот** е обиколката на моделираното парче.

Карактеристиките на секое парче моделирано како **елипса** е дадено во наредните 4 колони и тоа преку податоци за должината на главната и помалата оска како и аголот помеѓу главната оска и  $X$  оската на сликата. За да нема забуна, во математиката се користи поимот голема и мала полуоска, но овде станува збор за специфичен израз кој се користи во софтверот ImageJ. Освен ова постои и колона за кружност на секое моделирано парче. Закривеност или степен на формирање на круг ( $c$ ) се пресметува според равенка (2). Вредност на  $c$  од 1.0 е идеален круг. Колку вредноста се доближува до 0, толку повеќе обликот на парчето ја губи кружната закривеност и истиот се издолжува во вид на елипса.

$$c = 4\pi \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Каде:

$A$  е површината на парчето, ( $\text{mm}^2$ );

$L$  е обиколката на парчето, ( $\text{mm}$ ).

**Feret дијаметар** е многу битна карактеристика која може да се искористи за дефинирање на потребната гранулација на материјалот. Овој дијаметар значи растојание помеѓу најодалечените две точки на парчето, односно главната оска, дадено во колоната  $MAX$  и најмалата оска односно најмалото растојание, дадено во колоната  $MIN$ . Аголот помеѓу главната оска на Feret дијаметарот и  $X$  оската на сликата го дефинира аголот. Овие вредности се дадени во посебна колона.

**AR** е соодносот помеѓу главната и малата оска при дефинирање на парчињата како елипси.

Врз основа на вредноста на максималната вредност на Feret дијаметарот, направено е класирање на материјалот во 6 класи. Класирањето е дадено во Табела 2.

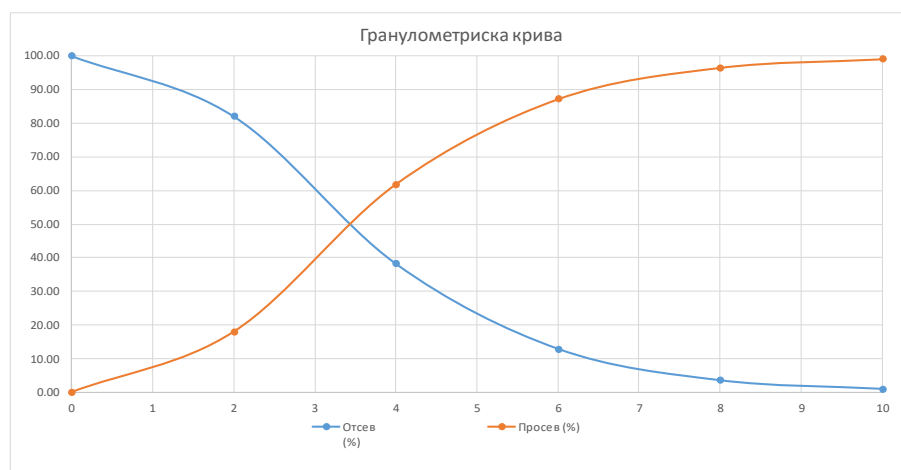
Во основа, гранулометрискиот состав е дефиниран преку гранулометриската крива, изразена во проценти на маса или тежина. Затоа во трудот, не се користи поимот гранулометриска крива, односно гранулометриски состав. За да би можело да се користи, еден начин би бил, да се пресмета масата на секое моделирано парче како производ на неговиот волумен и волуменската маса.

Вториот начин, иако според дефиницијата не е основа за дефинирање на гранулометриски состав, односно гранулометриска крива, е да се направи анализа само на база на број на парчиња, односно нејзино процентуално учество во неколку класи на материјали. Во Табела 2 се дадени бројот на парчиња на 6 – те класи на материјал. Да нема забуна. отсевот и просевот не се дадени во масени проценти, туку се земени како проценти од вкупен број на парчиња. Од овие причини, на Слика 8, не е дадена гранулометриска крива, туку истата ја дефиниравме како крива на просев и отсев на моделирани парчиња. Сепак, ова е само предлог и обид за воведување на нова методологија, која треба понатаму да се истражува, развива, потврдува и анализира.

Табела 2. Модел на класирање на материјал

Table 2. Model of material classification

Димензија на парче (mm)	Бр. на парчиња	Бр. на парчиња (%)	Отсев (%)	Просев (%)
+10	5	0.92	0.92	100.00
-8+10	14	2.57	3.49	99.08
-6+8	51	9.36	12.84	96.51
-4+6	138	25.32	38.17	87.16
-2+4	239	43.85	82.02	61.83
-2	98	17.98	100.00	17.98
Вкупно	545	100.00		0.00



Слика 8. Крива на просев и отсев на моделирани парчиња

Figure 8. Granulometric curve

#### 4. Резултати и дискусија

Површината на издробениот материјал на Сликата 5 е  $5760.40 \text{ mm}^2$ . Од оваа вкупна површина, според Табела 1, површината на препознаените парчиња од издробениот материјал е  $3966.22 \text{ mm}^2$ . Ова значи, дека со софтверот ImageJ, е препознаена површина од околу 69 % од вкупната површина. Ова се должи пред сè на фактот дека еден дел од издробениот материјал е многу ситен и е преклопен еден со друг, така да со фотографското препознавање не е можно

нивно „сепарирање“ и издвојување како посебни парчиња. Исто така не можеме да очекуваме дека со ваква методологија, софтверски ќе се „препознаат“ сите парчиња од материјалот. Ова е поради фактот што постојат делови од фотографиите кои не можат идеално да се обработат и подготват за понатамошно процесирање.

Табела 3 Анализа на парчиња

Table 3 Analyze particles

Парчиња	Површина (mm <sup>2</sup> )	Застапеност %
Моделирани парчиња	3966.22	69%
Парчиња кои не влегуваат во анализата	1794.18	31%
Вкупно моделирани парчиња	5760.40	100%

За да би ја зголемиле веродостојноста на добиените резултати при моделирањето на гранулометриските анализи, потребно е да се направат следните постапки и препораки:

- Да се користат поквалитетни и професионални дигитални камери со висока резолуција. По можност да се побара асистенција од професионални фотографи околу поставување на камера, осветлување и сл.;
- Да се направи поголем сет на 2D слики кои би биле поставени под различни агли и би опфатиле „преклопи“ на делови од просторот кој се фотографира;
- Да се направи 3D реконструкција на фотографија со софтвер и особено хардвер кои овозможуваат брзо процесирање на голем број на фотографии, голем број на точки и сл.;
- Да се посвети посебно внимание на постпроцесирањето на фотографијата, нејзината ориентација и проекција во однос на ОХУ рамнината. Големо внимание треба да се посвети на трансформацијата и подесувањето на квалитетот на фотографијата, оптимизираните прагови на осветленост, контраст и сл.;
- Да се користи софтвер за препознавање и анализа на парчиња за кои во литературните и останатите Интернет извори има повеќе позитивни рецензии. Еден од нив секако е ImageJ. Тој спаѓа во групата на open source софтвери и можеби е идеален за научна работа. Секако, денес постојат и други софтверски пакети, на пример OpenCV како и други комерцијални софтвери;
- Субјективноста во одлучувањето за кои парчиња од вкупно моделираните парчиња ќе бидат прифатени, претставува еден од поголемите проблеми кои ја намалуваат ефикасноста на оваа методологија. Најдобро би било ако е можно да се минимизира потребата од одлуки за исклучување на одредени преголеми или премали парчиња кои би дале неверодостојни податоци.

Како дискусија за ова истражување секако би требало и да се издвојат предностите и недостатоците на оваа методологија, како и можностите за нејзин иден развој и примена.

Главните предности на оваа методологија за одредување на големина на парчиња се следните:

- Методологијата е релативно брза и ефикасна.
- Се користат дигитални камери и софтверски решеније. Нема потреба од користење на скапа лабораториска опрема, потоа вода, нема прашина и самиот процес се одвива во релативно добри услови.
- Резултатите од моделирањето можат да се добијат за релативно кратко време.
- Ако се развијат автономни системи со користење на вештачка интелигенција има можност за добивање на автоматски и многу брзи анализи. Ова би значело можност за примена на процеси и системи каде анализата на големината на парчињата треба да биде во реално време. Вакви системи можат да се користат кај дробилките, транспортните ленти, кај истоварните места, при анализа на движења на парчиња и

честички при пнеуматски транспорт, потоа сегрегација на материјал при товарање, истовар и многу други примени.

- Освен големина на парчиња и гранулометриска крива, со оваа методологија можат да се добијат уште многу други корисни информации. На пример, при истовар на материјал на одреден простор, врз основа на податоците за центар на маса на парчињата, може да се предвиди стабилноста на парчињата, можноста за формирање на поголеми купи, минимизирање на геотехничките нестабилности, предвидување на однесувањето на материјалот при откопување, транспортирање и сл. Користењето на Feret дијаметарот може да послужи во изборот и работењето на дробилките, потоа начинот на товарање и пред се транспорт на материјалот, начинот на негово истоварање и претоварање особено кај претоварните станици на транспортните ленти и многу други примени.

Секако освен предности оваа методологија има и одреден број на недостатоци, кои се состојат во следното:

- Потребно е користење на дигитална опрема (камери) на места каде се користи поробусна механизација односно опрема. Тоа значи дека е потребно користење на опрема која ги исполнува стандардите за заштита од прашина, влага, вода и сл. (На пример: IP68).
- Поставувањето на камерата бара искусни лица кои знаат да користат дигитална опрема. Пред сè овде се мисли на точките на поставување на камерите за фотографирање.
- Користењето на софтвери за 3D реконструкција на фотографии, потоа за обработка на истите, како и за анализирање на големина на парчиња бара соодветни познавања како од дигиталната фотографија така и од современите софтверски решенија.
- Методологијата е со мала ефикасност за чие подобрување се потребни поголеми познавања не само од областа на дигиталната фотографија, туку пред сè и од анализирањето на добиените модели на здробен материјал.

Секако за да добиеме поконкретни резултати за применливоста, потребно е да се направи споредба на резултатите добиени со оваа методологија и добиени со ситова анализа на ист материјал.

## 5. Заклучок

Резултатите од истражувањето направено за овој труд ја покажа можноста од користењето на современи софтверски пакети за анализа на димензиите на парчињата, односно можност за одредување на гранулацијата на издробен материјал. Секако за да се докаже точноста на оваа методологија е потребно да се направат паралелни испитувања со оваа методологија и класичната методологија, со помош на ситова анализа. Дури тогаш би можеле да изведеме поконкретни податоци за оваа методологија. Ова останува како предлог за понатамошни истражувања со кои би се добиле дополнителни информации околу применливоста на оваа методологија.

Основните цели со реализацијата на истражувањето во трудот се постигнати. Дефинирана е предлог методологија која би можела да се користи во лабораториски услови за анализа на големина на парчиња на материјали. Основата на оваа методологије се состои во два дела: прво да се направи 3D модел со реконструкција на 2D фотографии. Направениот 3D модел да се ориентира и да се изработи фотографија како негова проекцијана OXY рамнината. Оваа фотографија понатаму треба да се постпроцесира во облик кој би можел да се користи во софтверот ImageJ за автоматско препознавање и анализа на парчињата на издробен материјал.

Исто така треба да продолжи истражувањето во насока на користење и на останатите информации што се добиваат како излез од анализата во софтверот ImageJ, како што се површина на парче, елипса, нејзина ориентираност, центар на маса, потоа Feret дијаметар и др.

Истражувањето треба да продолжи и во макро анализи на големина на парчиња. Односно, користењето на дрoнови, овозможува релативно лесно снимање на фотографии и видеа со висока резолуција и на многу недостапни терени, како што се рудниците со површинска експлоатација, па дури и во рудниците за подземна експлоатација. Ова значи дека

треба да се размислува за примена на дроновите како подвижни флексибилни камери за снимање на одминирани материјали, потоа купови од одложен материјал, како и снимки на динамички процеси како што се транспортни ленти (на претоварни места, или на самата лента, доколку е откриена и има место за фотографирање).

Секако ова е алтернативна метода и истата не може да ја замени на пример ситовата анализа. Но, истата поради големиот број на предности, ја наметнува потребата од понатамошни истражувања и анализи, а со тоа се надеваме дека ова истражување ќе продолжи и понатаму.

### Користена литература

1. AliceVision. (2018): Meshroom: “A 3D reconstruction software”.
2. Blain M. J. (2012): “Computer Modeling and Animation. The Complete Guide to Blender Graphics”. Taylor & Francis Group, LLC. ISBN:13: 978-1-4665-1704-2. UK.
3. Hess, R. (2010): “Blender Foundations: The Essential Guide to Learning Blender 2.6”. Focal Press.
4. Igathinathane, C. & Pordesimo, L.O. & Columbus, E.P. & Batchelor, William & Methuku, S.R.. (2008): “Shape identification and particles size distribution from basic shape parameters using ImageJ”. Computers and Electronics in Agriculture. 63. 168-182. 10.1016/j.compag.2008.02.007.
5. Kumara, Janaka & Hayano, Kimitoshi & Ogiwara, Keita. (2012): “Image Analysis Techniques on Evaluation of Particle Size Distribution of Gravel”. International Journal of GEOMATE. 3. 290-297. 10.21660/2012.5.1261.
6. Machado, Felipe & Malpica, Norberto & Borromeo, S.. (2019): “Parametric CAD modeling for open source scientific hardware: Comparing OpenSCAD and FreeCAD Python scripts”. PLoS ONE. 14. 10.1371/journal.pone.0225795.
7. Oku, Onyeibo & Nwagbara, Augustine. (2015): “FREECAD: - Efficacy Of Arch Module For Authoring Architectural Content in a BIM Process Using Open-Source Software”.
8. Rueden, C. T.; Schindelin, J. & Hiner, M. C. et al. (2017): "ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data", BMC Bioinformatics 18:529, PMID 29187165, doi:10.1186/s12859-017-1934-z.
9. Schindelin, J.; Arganda-Carreras, I. & Frise, E. et al. (2012): "Fiji: an open-source platform for biological-image analysis", Nature methods 9(7): 676-682, PMID 22743772, doi:10.1038/nmeth.2019.
10. Schneider, C. A.; Rasband, W. S. & Eliceiri, K. W. (2012): "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis", Nature methods 9(7): 671-675.
11. Shanthi, C. & Porpatham, R. & Pappa, N.. (2014): “Image Analysis for Particle Size Distribution”. International Journal of Engineering and Technology. 6. 1340-1345.
12. Zhang, Zelin & Yang, Jianguo & Ding, Lihua & Zhao, Yuemin. (2012): “An improved estimation of coal particle mass using image analysis”. Powder Technology. 229. 178–184. 10.1016/j.powtec.2012.06.027.