



**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

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

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

МЕТОДОЛОГИЈА ЗА АВТОМАТИЗИРАН ПРИСТАП ПРИ УТВРДУВАЊЕ НА СТЕПЕНОТ НА ИСПУКАНОСТ (RQD) НА ЈАДРА ОД ИСТРАЖНИ ДУПНАТИНИ СО ПОМОШ НА ФОТОГРАФИИ

Ванчо Адиски¹, Зоран Панов¹, Гоце Златков², Ристо Поповски¹,
Радмила Каранакова Стефановска¹

¹Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип

²Генезис Ресурсис Интернешнл, Пробиштип
vanco.adziski@ugd.edu.mk

Апстракт. Во ова истражување е предложена методологија за обработка и процесирање на фотографии на јадра од истражни дупнатини. Врз основа на соодветно направени фотографии од јадра и преку нивното автоматско процесирање во специјално направената макро команда, беа идентификувани сите дисконтинуитети (пукнатини) од површината на самите јадра. Вака добиените резултати во форма на детектирани пукнатини, понатаму служат за утврдување на степенот на испуканост (RQD). Автоматски измерените вредности на растојанието помеѓу пукнатините се споредени со рачни мерења и истите покажаа огромна сличност. Предноста на предложениот модел во форма на макро команда е тоа што истата е изработена во софтвер со бесплатна лиценца за користење ImageJ. Предложената методологија во овој труд, преку направените експериментални тестови се покажа како многу ефикасна во случаи кога е потребно да се обработат големи должини на јадра од истражни дупнатини и за истите да се утврди степенот на испуканост (RQD).

Клучни зборови: јадро, фотографии, пукнатини, RQD, анализа.

METHODOLOGY FOR AUTOMATED APPROACH IN DETERMINING THE ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD) INDEX FROM DRILL CORE PHOTOGRAPHS

Vancho Adjiski¹, Zoran Panov¹, Goce Zlatkov², Risto Popovski¹,
Radmila Karanakova Stefanovska¹

¹Faculty of natural and technical sciences, „Goce Delcev“ University, Shtip, R.N. Macedonia

²Genesis Resources International, Probishtip
vanco.adziski@ugd.edu.mk

Abstract. In this research, a methodology for processing drill cores photographs is proposed. Based on properly taken photographs of the drill cores and through their automatic processing in a specially made macro command, all discontinuities (cracks) were identified from the surface of the drill cores. The results obtained in the form of detected cracks further serve to determine the Rock Quality Designation (RQD). The automatically measured values of the distance between the cracks were compared with manual measurements and they showed a huge similarity. The advantage of the proposed model in the form of a macro command is that it is made in software with open-source license ImageJ. The proposed methodology in this paper, through experimental tests, proved to be very effective in cases where it is necessary to process large lengths of drill cores for which the RQD index is needed to be determined.

Kew words: Drill cores, photographs, cracks, RQD, analysis.

1. Вовед

Класификацијата е општ процес поврзан со категоризацијата во кои се препознаваат и диференцираат предмети или идеи. Во геотехничкото инженерство, класификациите на карпестите маси се од суштинско значење затоа што тие не само што ги опфаќаат својствата на карпестите маси, но исто така ја формираат и основата за дизајнирање на структури врз самите карпести маси [1-3].

Постојат голем број на добро разработени геотехнички класификации, но многу малку се прифатени и широко користени како што се RMR (анг. Rock Mass Rating) и Q-систем (анг. Q-system) [4]. Заедничко за овие две геотехнички класификации е што RQD индексот го користат како еден од влезните податоци во нивната методологијата.

RQD индексот е воведен од страна на Deere (1963) [5] како параметар за дефинирање на испуканоста на јадро од дупнатини кое ќе послужи за класификација на карпата, односно за инженерски цели.

Едноставноста и ниската цена на спроведување на RQD индексот, резултира со примена во широк спектар на области во кои како главни влегуваат рударството и изработката на тунели. Битно е да се напомене дека RQD индексот е под влијание на голем број добро познати фактори и ограничувања кои придонесуваат добиените вредности да се користат со претпазливост [6-8].

Едни од најнагласените ограничувања во самата методологија е зависноста на вредноста на RQD индексот од ориентацијата на дупнатината и избраната вредност за прагот на минималната должината од здрави (без пукнатини) јадра (Слика 1а).

Соодветно на ова, разработени се неколку методи од различни автори за да се надминат овие ограничувања кои резултираа со нови методологии како што се: RQDc (анг. Corrected Rock Quality Designation) [9], Jv (анг. Volumetric Joint Density) [10], WJD (анг. Weighted Joint Density) [11] и др. Иако се развиени многубројни модификации на класичната RQD методологија, таа и понатаму продолжува да се користи во својата оригинална форма во многу геотехнички апликации.

Поради констатацијата на честа застапеност на RQD индексот во многу геотехнички класификации, во овој труд е разработена методологија за автоматизиран пристап при негово пресметување со помош на фотографии од јадра на истражни дупнатини.

За потребите на методологијата предложена во овој труд се направени фотографии од јадра на истражни дупнатини и за нивна анализа ќе биде користен софтверот за обработка на фотографии ImageJ, кој е со бесплатна лиценца за користење [12].

2. Методологија на работа

2.1 RQD индекс

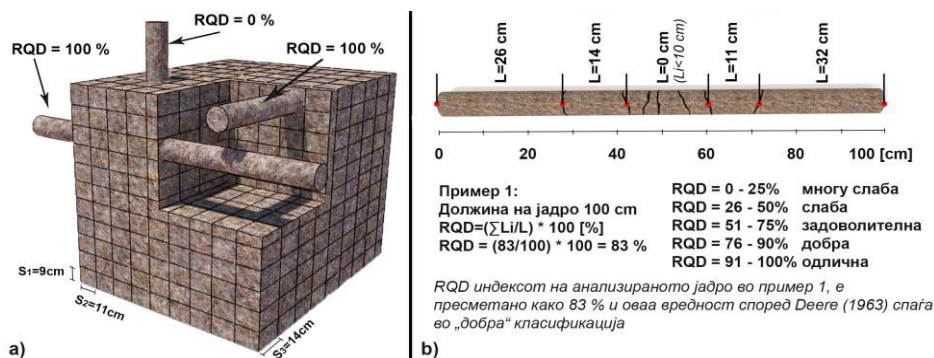
Пресметката на RQD индексот врз база на јадра од истражни дупнатини, практично стана стандардна практика во широкиот спектар на геотехнички анализи. RQD индексот во својата првична оригинална форма е дефиниран со следнава формулација (Слика 1б) [5]:

$$RQD = \frac{\sum L_i}{L} * 100 [\%] \quad (1)$$

Каде што:

L_i - вкупната должина на делови од јадрото подолги од 10 cm

L - должина на интервал на дупчење



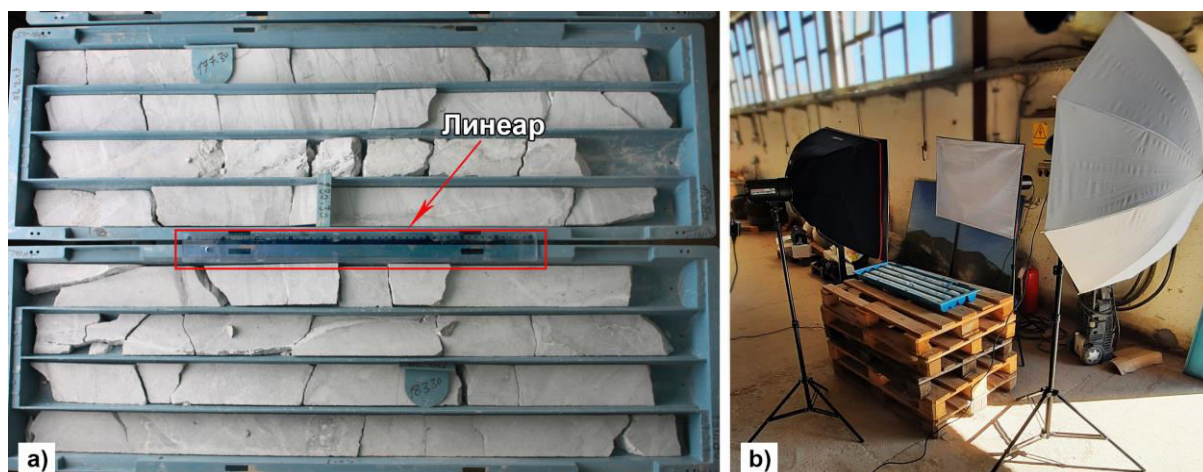
Слика 1. а) Ограничувања во традиционалната RQD методологија во зависност од ориентацијата на дупнатината во иста карпеста маса б) Класификација на RQD индексот со даден пример
Figure 1. a) Constraints in the traditional RQD methodology depending on the orientation of the borehole in the same rock mass b) Classification of the RQD index with a given example

Според стандардите на ASTM (2008) [13], при анализата на степенот на испуканост на карпестото јадро, треба да бидат вклучени само тврдите и непроменети делови од самото јадро, додека меките материјали кои имаат својства на ронење не треба да бидат вклучени, дури и ако имаат должина поголема од 10 cm.

Вредностите на RQD индексот даваат основа за донесување на прелиминарни одлуки за дизајн, кои вклучуваат проценка за потребните длабочини на ископувањето при изработка на различни конструкции. Покрај тоа, овие вредности исто така можат да послужат за идентификување на потенцијални проблеми поврзани со носивоста, ерозијата или лизгање во карпести маси а воедно и да обезбедат индикации за квалитетот на самите карпи во рудниците. RQD индексот е исто така користен и како предупредувачки индикатор за ниско квалитетни карпести зони на кои можеби им треба поголема контрола или пак за донесување на одлуки кои вклучуваат дополнителни истражувања.

2.2 Подготовка на фотографии

Бидејќи пукнатините во јадрото од истражните дупнатини претставуваат дисконтинуитет во она што треба да биде релативно конзистентен облик на цилиндар, секое негово отстапување претставува потенцијална пукнатина. За потребите на овој труд е усвоена постапка за анализа на фотографии која како главна цел ќе го има процесот за филтрирање на пукнатините во јадрата од истражните дупнатини. За таа цел направени се неколку фотографии на јадра од истражна дупнатина (Слика 2а), извадена од рудник за површинска експлоатација лоциран во Р.С. Македонија. Фотографиите се направени од фиксна далечина над примероците со помош на трајпод. За фотографирање на примероците е користен DSLR апарат Canon 450D, снимките беа направени во RAW формат, RGB спектар, фокусна должина од 28 mm, големина од 4272x2848 пиксели и време на изложеност од 1/80 секунди. За потребите на фотографирање е користено професионално студиско осветлување (2x Dynaphos Starter SK-200 II и 1x Visico vt-150 заедно со „softbox“ и „photo umbrella“) за да може да се добијат повеќе детали во самите фотографии (Слика 2б).



Слика 2. а) Јадра од истражна дупнатина б) Поставена сцена со професионално студиско осветлување за фотографирање на јадра од истражна дупнатина

Figure 2. a) Exploration drill cores b) Set scene with professional studio lighting for photographing the drill cores

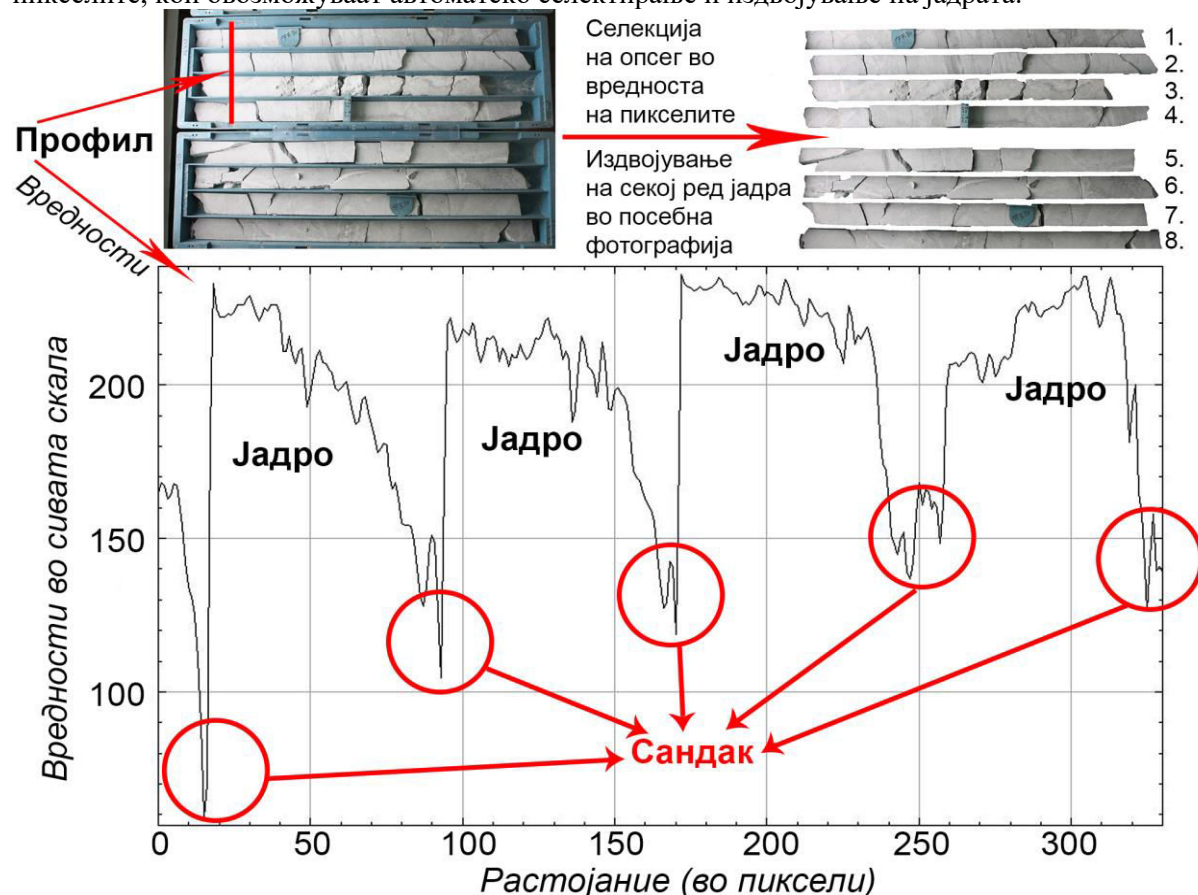
2.3 Обработка на фотографии

Во процесот на фотографирање на јадрата, нивната големина е изразена во пиксели, меѓутоа, за да се добие соодветниот размер на самата фотографија а со тоа и на сите објекти кои припаѓаат во неа, потребно е објект со позната големина кој ќе се користи како референтна односно размерна скала. За потребите на овој труд е користен линеар кој е позициониран во самата сцена пред да се направат фотографиите од јадрата (Слика 2а). Размерот на

фотографијата е направен во софтверот ImageJ каде што се селектираат пикселите на референтната скала и истите се заменуваат со вредност од познатата должина.

Најчесто кај фотографиите направени со дигитален фотоапарат, количината на светлина на различни локации на површинската структура може значително да се разликува. Поради овој феномен, фотографираниите површини честопати имаат низок контраст и нерамномерно осветлување. За да се поправи овој феномен, покрај користењето на професионално осветлување потребно е да се спроведе третман кој вклучува дигитално процесирање кое во овој случај ќе придонесе за подобрување на ефикасноста за филтрирање (откривање) на пукнатините.

За лесно издвојување на јадрата од лежиштето (сандакот) во самата фотографијата и истата да биде спремна за понатамошна обработка, потребно е да има јасна дистинкција во RGB спектарот (со тоа и во сивата скала) помеѓу јадрата и лежиштето (сандакот). Оваа дистинкција е прикажана на Слика 3, каде што јасно може да се забележи разликата во вредноста на пикселите, кои овозможуваат автоматско селектирање и издвојување на јадрата.

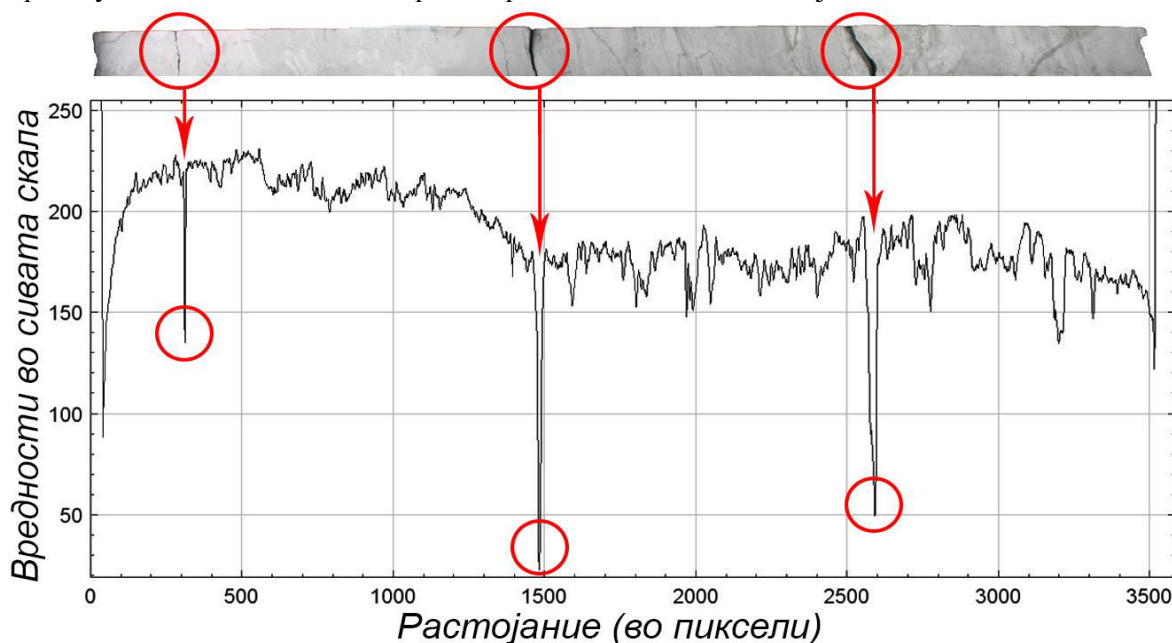


Слика 3. Процес на издвојување на јадрата од лежиштето (сандакот)
Figure 3. Process of separating the drill cores from the box

Направените фотографии во себе содржат 8-бита информации во RGB спектарот што значи дека имаат 256 интензитетни вредности во секој канал посебно на црвена, зелена и сина боја. За побрза автоматска преработка со предложената методологија во овој труд, потребно е овие фотографии да се конвертираат од 8-бита RGB спектар во 8-бита информации само во сивата скала (256 интензитетни вредности само во сивиот спектар) [14,15].

Поради специфичната карактеристика на пукнатините кои се состојат од различни линии и криви, вредноста на пукнатината во сивата скала (тонови) е често локален минимум во рамките на самата фотографија. Со цел да се одделат пикселите на фотографијата во две групи кои вклучуваат пукнатини и сè останато, потребно е да се спроведе третман за подобро одвојување на пикселите кои ќе припаднат на една од двете групи [16].

За потребите на овој труд оваа процедура е инкорпорирана во специјално направената макро команда во софтверот ImageJ за автоматско уредување на сивата скала во фотографијата и истата ќе се користи како почетна обработка веднаш после издвојувањето на јадрата од лежиштето (сандакот). Основната идеја позади овој чекор е да го намали сивиот интензитет во фотографијата кај пикселите кои ги претставуваат потенцијалните пукнатини а истовремено да го зголеми сивиот интензитет во останатите делови од фотографијата (Слика 4). После спроведувањето на овој процес пикселите кои ги претставуваат пукнатините изгледаат потемни додека останатиот дел од фотографијата е посветол, што е основен предуслов за спроведување на останатите чекори од предложената методологија.



Слика 4. Вредности на пикселите во сивата скала помеѓу пукнатините и останатиот дел од јадрото
Figure 4. Grayscale pixel values between the cracks and the rest of the drill core

2.4 Модел за автоматско филтрирање на пукнатините во јадрото и утврдување на степенот на испуканост (RQD) со помош на фотографии

Оригиналната фотографија добиена од дигиталната камера најпрво се обработува со чекорите кои беа објаснети во претходната секција. Чекорите за обработка на фотографиите се издвоени во посебен модел поради тоа што за издвојувањето на јадрата од сандакот, покрај предложениот автоматизиран процес сеуште е потребна и визуелна контрола на самата фотографија. Поради оваа констатација е донесена одлука за понатамошно истражување каде авторите ќе направат обид за изработка на еднобоен нерелефрактни сандак кој ќе овозможи добивање на унифицирана боја за лесна екстракција од самите јадра.

За потребите на овој труд е изработен модел за автоматска обработка на фотографија која ги селектира и филтрира пукнатините во јадрата од истражните дупнатини. Овој модел е програмиран како макро команда во ImageJ софтверот [12].

Како прв чекор во предложениот модел е обработената фотографија (со направен размер и издвоени јадра) да служи како влез во макро командата изработена во ImageJ софтверот. По стартувањето на макро командата започнува редоследно извршување на програмираните операции кои започнуваат со конвертирање на фотографијата во 8-бита информации само во сивата скала.

Понатаму фотографијата се подложува на процесот на сегментирање за да ги одвои пукнатините кои имаат различни вредности во пикселите од останатиот дел на фотографијата. Сегментацијата ја дели дигиталната фотографија на повеќе области според избраниот праг (анг. threshold) [17]. Во овој труд, вредностите за дефинирање на прагот се наоѓаат во информациите од 8-бита во сивата скала што ја дефинира границата помеѓу пукнатините (потемните пиксели) и останатиот дел на фотографијата (посветлите пиксели). Сегментацијата

се состои во автоматско споредување на секој пиксел од сивата скала на самата фотографија со претходно дефинирианиот праг. Ако пикселот е потемен од дефинирианиот праг неговата вредност станува 0 (црн пиксел), во спротивно, неговата вредност станува 255 (бел пиксел). Како резултат на овој процес, коригираната фотографија станува бинарна, што значи има само две вредности 0 (црна) и 255 (бела).

Процесот за одредување на прагот за сегментација е малку посложен процес бидејќи неговото дефинирање може да има различен ефект врз различни пукнатини. На пример, пикселите кои се во состав на поголема пукнатина имаат поголема површина што значи дека ќе имаат поголемо влијание врз хистограмот на сивата скала, што ќе резултира во полесно одредување на вредноста на прагот а со тоа и на полесно издвојување на пукнатината. Како последица на ова, истата вредност на прагот што е ефикасна за претходниот пример можеби не е доволно точна за помали пукнатини кои имаат помали вредности во хистограмот на сивата скала.

Врз основа на оваа констатација за потребите на овој труд е извршена калибрација на прагот со помош на повеќе фотографии од јадра, направени во истата сцена на фотографирање. Споредба на различните резултати со автоматски утврдените вредности на прагот во иста фотографија се претставени на Слика 5.

„Maximum Entropy“ автоматска функција за сегментирање на дисконтинуитети



Слика 5. Резултати од алгоритми за сегментација на пукнатини со автоматско поставување на прагот
Figure 5. Results from the crack segmentation algorithms with automatic threshold setting

По извршената автоматска анализа за поставување на прагот за сегментација (Слика 5), како најефикасен алгоритам за дадениот случај се покажа “Max_Entropy function“ [18]. Избраниот алгоритам прави автоматско сетирање на прагот за сегментација врз основа на ентропијата на сивата скала претставена во форма на хистограм. Овој алгоритам наместо да ја зголеми меѓукласната варијанса (очекување на квадратното отстапување на случајната променлива од нејзината средна вредност), таа ја максимизира меѓукласната ентропија која претставува мерка за несигурноста на настанот што се случува. Max_Entropy функцијата се базира на следнава формулација [18]:

$$S = - \sum_k p_k \log_2(p_k) \quad (2)$$

каде што:

k – број на вредности во сивата скала;

p_k - веројатноста за вредноста на пикселот во сивата скала.

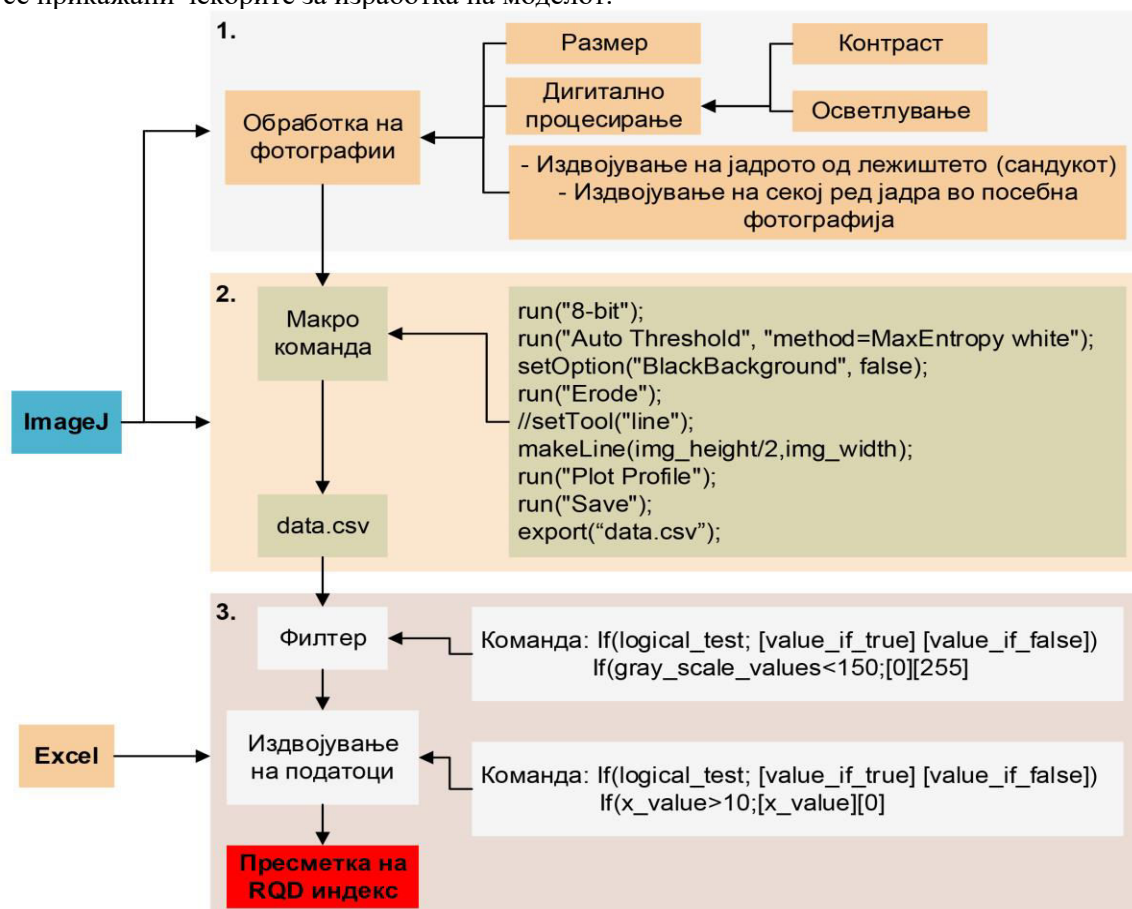
По извршената сегментација, можно е појавување на мали области од пиксели кои се издвоени во секцијата на пукнатини а истите всушност да претставуваат мали сенки или нечистотии во самото јадро. За регулација односно одвојување и бришење на овие области истите прво треба да ги дефинираме како површини помали од неколку пиксели. За оваа потреба во макро командата е воведен бинарен оператор “ERODE” за бришење на „дамки“ со површина помала од 4 пиксели.

За воведување на наредниот чекор од макро командата, во процесот на обработка на фотографијата беше потребно секој ред од издвоените јадра да биде снимен како посебен податок (фотографија). Оваа процедура овозможува автоматско исцртување на централна профилна линија низ средината на јадрото низ која се отчитуваат вредностите од сегментираната бинарна фотографија.

Како последен чекор во макро командата е снимање односно експортирање на резултатите во соодветен формат за понатамошно процесирање.

Добиените вредности генерирани со помош на макро командата понатаму се филтрираат за да добиеме јасно издвоени пукнатини. Ова филтрирање е потребно бидејќи дебелината на автоматски генерираната профилна линија е со дебелина од 3 пиксели, што значи дека вредноста на истата се пресметува како средна вредност а со тоа се нарушува бинарниот карактер на вредностите (0 и 255).

Овие филтрирани податоци потоа се процесираат низ посебна команда за издвојување на должините помеѓу пукнатините кои понатаму служат за пресметка на RQD индексот. На Слика 6 се прикажани чекорите за изработка на моделот.



Слика 6. Модел за утврдување на степенот на испуканост (RQD) со помош на фотографии од јадра на истражни дупнатини

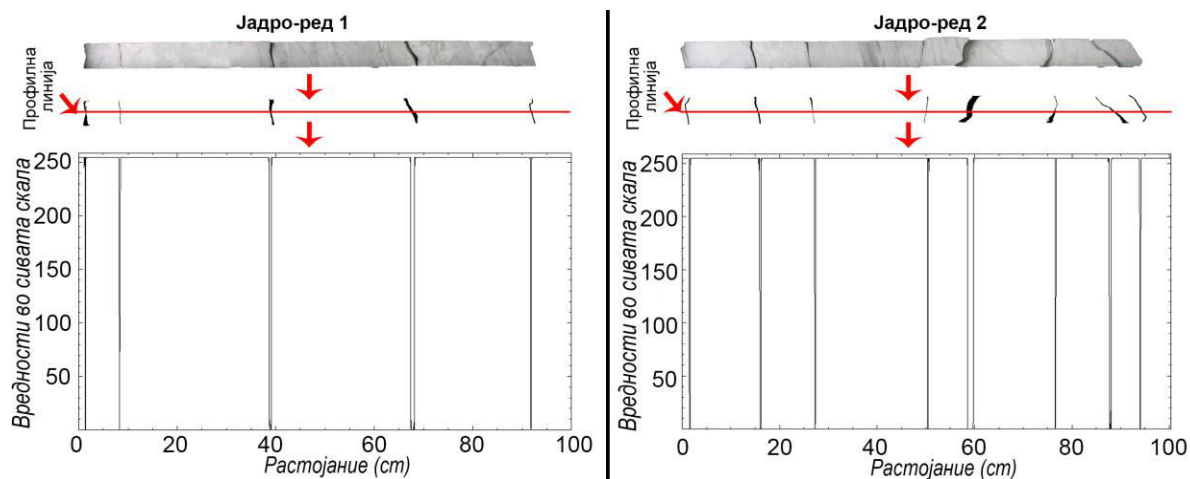
Figure 6. Model for determining the Rock Quality Designation (RQD) index from drill core photographs

3. Резултати и дискусија за понатамошни истражувања

За потребите на овој труд беа направени неколку фотографии од јадра на истражни дупнатини и истите беа обработени со специјални методи за анализа на фотографии. За потребите на подготовка на фотографиите беше користен DSLR апарат Canon 450D, заедно со професионално студиско осветлување кое овозможи добивање на повеќе детали како и изедначување на сенките во самите фотографии.

Процесот за обработка на фотографиите се состои во поставување на размерот, дигитално процесирање и издвојување на јадрата од лежиштето (сандакот). Како битен елемент за процесот на пресметка на RQD индексот е секој ред од јадрата да биде издвоен како посебен податок односно фотографија.

Како нареден чекор во предложената методологија е подготвените и обработени фотографии да служат како влез во автоматизиранiot модел кој ги селектира и филтрира пукнатините во јадрата од истражните дупнатини. За потребите на овој труд е изработена макро команда во софтверот ImageJ, која предложениот процес целосно ќе го автоматизира и како излез ќе генерира бинарна фотографија која јасно ги прикажува пукнатините во соодветен размер. На Слика 7 се прикажани само резултатите од автоматски обработените фотографии на јадра 1 и 2 (ред 1 и 2).



Слика 7. Резултати од јадро 1 и 2, генерирани од процесирањето во макро командата
Figure 7. Results from drill core row 1 and 2, generated by processing in the macro command

Вака добиените резултати понатаму служат како влез во специјално изработен Excel темплејд. Како прв чекор во предложениот темплејд е филтрирање на податоците за нивно одржување во бинарна форма. Добиените филтрирани податоци потоа служат како влез во автоматизирана команда која ги издвојува сите должини поголеми од 10 cm помеѓу пукнатините кои потоа служат како влез за пресметка на RQD индексот. Во Табела 1 се прикажани пресметки на RQD индексот, направени со предложената методологија за сите издвоени редови на јадра од процесираниот фотографија.

Табела 1. Пресметки на RQD индексот, направени со предложената методологија
Table 1. RQD index calculations, made with the proposed methodology

| | RQD Индекс [%] | Класификација |
|-------------|----------------|---------------|
| Јадро ред 1 | 82 | добра |
| Јадро ред 2 | 78 | добра |
| Јадро ред 3 | 77 | добра |
| Јадро ред 4 | 86 | добра |
| Јадро ред 5 | 74 | задоволителна |
| Јадро ред 6 | 70 | задоволителна |
| Јадро ред 7 | 73 | задоволителна |
| Јадро ред 8 | 69 | задоволителна |

Можности за понатамошни истражувања се лоцирани во процесот кој ќе овозможи подобрување на дигиталниот процес за издвојување на јадрата од лежиштето (сандакот) во самата фотографија. Изработката на еднобоен унифициран сандак со специјална боја која нема да биде присутна како нијанса во ниту едно јадро е само првиот чекор во подобрување на процесот. Влијанието на надворешните извори на светлина и покрај користењето на професионално осветлување, ќе генерираат мали варијабилности во RGB спектарот на специјално изработениот еднобоен унифициран сандак. За потребите на решавање на овој проблем ќе биде изработена специјална дигитална матрица која ќе го селектира само RGB спектарот на сандакот и истиот ќе се обиде да го изедначи, што ќе овозможи автоматско издвојување на јадрата за кое нема да биде потребна визуелна контрола. Овде контролата ќе се извршува автоматски врз база на трениран алгоритам кој ќе произведува функција на заклучок базиран врз формата и површината на пукнатините.

Исто така се лоцирани можности за понатамошни истражувања и во заменувањето на дводимензионалниот формат (2D) кој се генерира од класичните техники на фотографирање со други методи кои како излез даваат тродимензионални податоци (3D). Воведувањето на ваквите 3D методологии како што се фотограметријата и лајдар технологијата, овозможуваат 3D скенирање на јадрата што придонесува во генерирање на подетални анализи од аспект на формата и површината на пукнатините како и на самите јадра.

Како можност за подобрување и унапредување на предложената методологија во овој труд е и заменувањето на Excel темплејтод со компјутерска програма изработена во програмскиот јазик Python. Со можните подобрувања во овој дел, предложената методологија ќе добие целосна автоматизирана врска помеѓу ImageJ софтверот и специјално изработената компјутерска програма. Како дополнителен бенефит кој ќе се добие со воведувањето на овој чекор во предложената методологија е тоа што целосно ќе биде изработена во софтвери со слободен пристап, а со тоа се јавува и можноста за нејзина комерцијализација.

4. Заклучок

Во оваа студија е претставена методологија заедно со изработен модел за утврдување на степенот на испуканост (RQD) на јадра од истражни дупнатини со помош на фотографии.

Претставениот модел е способен да ги идентификува пукнатините од површината на самите јадра, со помош на процесирање на фотографии во специјално изработената макро команда во софтверот ImageJ. Со мала доработка во макро командата како дополнителни параметри кои можат да се анализираат се: површината, периметарот, ширината, должината и ориентацијата на веќе детектираните пукнатини.

Експерименталните резултати претставени во овој труд потврдуваат дека пукнатините кои се наоѓаат на фотографиите од јадрата на истражните дупнатини се прецизно идентификувани и утврдениот степен на испуканост (RQD) е пресметан со висока точност.

Предностите на методологијата опишана во овој труд е можноста за нејзина лесна интеграција во многу различни модели кои би се развиле во иднина а се поврзани со процесот за детекција на пукнатини. Исто така предност се лоцира и во јасноста на пристапот во предложената методологија како и точноста во добиените експериментални резултати.

Користена литература

1. Palmstrom, A. (1996). The weighted joint density method leads to improved characterization of jointing: International Conference on Recent Advances in Tunneling Technology, New Delhi, India.
2. Palmström, A. (2001). Measurement and characterization of rock mass jointing, in: In-Situ Characterization of Rocks, A. A. BALKEMA PUBLISHERS, TOKIO.
3. Palmström, A. (2005). Measurements of and Correlations between Block Size and Rock Quality Designation (RQD): Tunnels and Underground Space Technology 20, pp.362-377, <https://doi.org/10.1016/j.tust.2005.01.005>
4. Harrison, JP. (1999). Selection of the threshold value in RQD assessments: International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 36(5), pp.673-685.

5. Deere, DU. (1963). Technical Description of Rock Cores for Engineering Purpose: Rock Mechanics and Engineering Geology, Vol. 1, No. 1, pp.16-22.
6. Chen, Q., Yin, T., Niu, W. (2018). Replacing RQD and Discontinuity Spacing with the Modified Blockiness Index in the Rock Mass Rating System: Archives of Mining Sciences, 63, pp.353-382, DOI: 10.24425/122452.
7. Chen, Q., Yin, T. (2019). Should the Use of Rock Quality Designation Be Discontinued in the Rock Mass Rating System?: Rock Mechanics and Rock Engineering 52, pp.1075-1094, <https://doi.org/10.1007/s00603-018-1607-x>
8. Pells, PJ., Bieniawski, ZT., Hencher, SR. (2017). Rock quality designation (RQD): time to rest in peace: Canadian Geotechnical Journal, 54 (6), pp.825-834.
9. Li, L., Ouellet, S., Aubertin, M. (2009). An improved definition of rockquality designation, RQDc, In: Proceedings of the 3rd CANUSrock mechanics symposium, Toronto, May.
10. Palmstrom, A. (1982). The volumetric joint count—a useful and simple measure of the degree of jointing: IVth Int. Congress IAEG, New Delhi, India, pp.221–228.
11. Haftani, M., Chehreh, HA., Mehinrad, A. (2016). Practical Investigations on Use of Weighted Joint Density to Decrease the Limitations of RQD Measurements: Rock Mechanics and Rock Engineering 49, pp.1551-1558, <https://doi.org/10.1007/s00603-015-0788-9>
12. Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C. (2017). ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data: BMC Bioinformatics 18:529, PMID 29187165, doi:10.1186/s12859-017-1934-z
13. ASTM (2008) Standard test method for determining rock quality designation (RQD) of rock core. Designation: D 6032–08.
14. Hoang, N. (2018). Detection of Surface Crack in Building Structures Using Image Processing Technique with an Improved Otsu Method for Image Thresholding: Advances in Civil Engineering, vol. 2018, Article ID 3924120, <https://doi.org/10.1155/2018/3924120>
15. Albareda-Valls, A., Bustos Herrera, A., Zamora Mestre, J.L., Zaribaf, S.S. (2018). Image Post-Processing Method for Quantification of Cracking in RC Precast Beams under Bending: Buildings 2018, 8, 158. <https://doi.org/10.3390/buildings8110158>
16. Rahman, M., Saifullah, I., Ghosh, K.S. (2019). Detection and Measurements of Cracks in Axially Loaded Tension RC Members by Image Processing Technique: American Journal of Civil Engineering and Architecture, 7(2), pp.115-120, doi: 10.12691/ajcea-7-2-5.
17. Szelaq, M. (2020). Application of an Automated Digital Image-Processing Method for Quantitative Assessment of Cracking Patterns in a Lime Cement Matrix: Sensors 2020, 20, 3859, <https://doi.org/10.3390/s20143859>
18. Sahoo, P.K., Soltani, S., Wong K.C., Chen, Y.C. (1988). A Survey of Thresholding Techniques: Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol. 41, pp.233-260.