

МИННО-ГЕОЛОЖКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. ИВАН РИЛСКИ“
МИННОТЕХНОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА „МАРКШАЙДЕРСТВО И ГЕОДЕЗИЯ“

инж. Кремена Георгиева Щерева

МОНИТОРИНГ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ОТКРИТИ РУДНИЦИ ЧРЕЗ НАЗЕМНО
ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на
образователна и научна степен „ДОКТОР“

Научна специалност: „Маркшайдерство“
Професионално направление: 5.7. Архитектура, строителство и геодезия
Област на висшето образование: 5. Технически науки

Научен консултант:
доц. д-р Станислав Топалов

София 2018г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Разширен катедрен съвет на катедра „Маркшайдерство и геодезия“ към Минно-технологичен факултет на МГУ „Св. Иван Рилски“, София, на 23.10.2018г., съгласно Ректорска заповед № Р-1043 от 19.10.2018г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои пред Научно жури, утвърдено със заповед № 1116/05.11.2018г. на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ и ще се проведе на 14.12.2018г. от 11:00 часа в зала 204-А-„Минстрой“, Миннотехнологичен факултет, МГУ „Св. Иван Рилски“, София.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Сектор „Следдипломна квалификация“ на МГУ „Св. Иван Рилски“, Ректорат, ет.3, стая №79, тел. 02/80 60 209.

Утвърденото Научно жури е в състав:

1. Проф. д-р Ивайло Георгиев Копрев
2. Доц. д-р Станислав Йорданов Топалов
3. Проф. д-р Славейко Господинов Господинов
4. Доц. д-р Юри Павлинов Цановски
5. Доц. д-р Кристина Огнянова Микренска-Чернева

РЕЦЕНЗЕНТИ:

1. Проф. д-р Ивайло Георгиев Копрев
2. Доц. д-р Юри Павлинов Цановски

Дисертантът е на самостоятелна подготовка към катедра „Маркшайдерство и геодезия“ към Миннотехнологичен факултет на МГУ „Св. Иван Рилски“, София.

Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора.

Автор: маг. инж. Кремена Георгиева Щерева

Заглавие: „Мониторинг при експлоатация на открити рудници чрез наземно лазерно сканиране“

СЪДЪРЖАНИЕ

УВОД

АКТУАЛНОСТ НА ПРОБЛЕМА

ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

ЦЕЛ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТ

1. СЪЩНОСТ НА ЛАЗЕРНОТО СКАНИРАНЕ
2. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ И РАЗНОВИДНОСТИ НА ТЕХНОЛОГИЯТА
3. ГЕОМЕТРИЧНИ АСПЕКТИ НА ТОЧНОСТИ ПРИ НАЗЕМНОТО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ
4. ФАКТОРИ, ОКАЗВАЩИ ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ ТОЧНОСТТА ПРИ НАЗЕМНОТО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ
5. СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА TLS - ТЕХНОЛОГИЯТА С ДРУГИ НАЗЕМНИ МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОБЕМИ
6. ЕТАПИ ПРИ СЪЗДАВАНЕТО НА ТРИМЕРЕН МОДЕЛ НА ТЕРЕНА

ПРАКТИЧЕСКА ЧАСТ

1. ВЪВЕДЕНИЕ
2. АНТИМОВО П
3. ДИОНИСО П
4. ЕРДЕН П
5. МАРКОВА МОГИЛА - ЦЕНТЪР
6. ЦАРЕВЕЦ
7. ДЕЛЯН
8. АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ
9. ПРИЛОЖЕНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЯТА НА 3D ЛАЗЕРНОТО СКАНИРАНЕ ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТРУКТУРНАТА НАРУШЕНОСТ НА СКАЛНИ МАСИВИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ПРЕТЕНЦИИ ЗА ПРИНОСИ

ПУБЛИКАЦИИ

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

УВОД

Ако днес, сред множеството съвременни технологии, намиращи приложение в геодезическата практика, трябва да се открие онази, в която се съдържа послание към геодезиста на бъдещето, това безспорно ще бъде LIDAR – технологията (*Light Identification, Detection and Ranging*). Тази технология ще е базирана на съвместно използване на конвенционална геодезическа апаратура и системи за глобално позициониране, съвместно с лазерни далекомири. Подобна комбинация създава предпоставки за получаването на масиви от данни за заснетата повърхност, обекти, разположени върху нея или в закрити пространства. В зависимост от спецификата на заснемания обект, тези масиви съдържат пространствена информация за милиони, а понякога и милиарди, точки с висока плътност на единица площ. Това е основната причина LIDAR – технологията, известна още като лазерна локация (*Laser location*) или лазерно сканиране (*Laser scanning*), да се прилага при решаването на широк спектър от проблеми, комуникиращи със събирането на геопропространствени данни за топографски и инженерно – проучвателни цели, за целите на екологията, енергетиката и минното дело. Няма да бъде пресилено ако се каже, че ширината на спектъра на прилагане на LIDAR – технологията зависи от широтата на мислене и фантазията на онези, които я практикуват.

АКТУАЛНОСТ НА ПРОБЛЕМА

Възможностите, които предлага LIDAR – технологията за формиране на пространствено позиционирани псевдо континуални модели на реални повърхнини, я прави изключително ефективна за мониторинг при експлоатацията и моделирането на земни маси, както и за комплексно изследване на скални масиви. Пълноценното прилагане на тази технология предполага обаче нейното детайлно познаване за да бъде гарантирана в максимална степен достоверността на получаваните резултати и коректността на обусловените от тях изводи и решения. Всяка една област на приложение на лазерното сканиране оказва специфично въздействие върху крайния продукт от сканирането – въздействие детерминирано от физико–механичните характеристики на материала, изграждащ обекта на сканиране, атмосферните параметри и климатичните особености по време на сканирането.

Ето защо възможностите за всяка конкретна реализация (или идея за реализация) на тази безспорно силна технология, трябва да бъдат предварително подробно анализирани чрез подготовка и осъществяване на подходящи експерименти.

ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Обект на изследване са:

- точността на пространствено позициониране на 3D–обекти, детайлно определяне на обеми от скални маси и икономическия ефект от определянето им чрез TLS – технологията;
- възможностите за ефективно прилагане на TLS–технологията при изследване на структурната нарушеност на скалните масиви.

МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

За целите на изследването е приложена хибридна технология, базирана на наземното лазерно сканиране (*Terrestrial Laser Scanning*), в комбинация със съпътстващи GNSS измервания и геометрична нивелация. За обработка на сканираното изображение и формиране на повърхнините с напукаността на скалните маси е използван специализиран софтуер *CYCLONE*.

ЦЕЛ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Целта на предложената работа е да се изследват възможностите за ефективно реално прилагане на TLS – технологията в процеса на експлоатация на открити находища на скална маса и полезни изкопаеми, както и за изследване на структурната нарушеност на скални масиви. В резултат на изследванията се цели:

- Да се създадат предпоставки за оптимизиране на финансовите разходи при изземването на скална маса и отчитането на иззетите обеми;
- Да се обособят и обосноват реални аргументи за актуализиране на остарялата нормативна база в сектора;
- Осъвременяване и обогатяване на технологичния арсенал на скални масиви.

СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Изследванията са структурирани в 2 основни части – теоретична и практическа част.

Теоретичната част се състои от 6 точки:

- В първата точка е разгледана същността на технологията TLS;

- Във втората точка са описани основните принципи и разновидности на технологията TLS (*Terrestrial Laser Scanner*);

- В третата точка са разгледани геометричните аспекти на точности при наземното лазерно сканиране;

- В четвъртата точка са описани факторите, оказващи влияние върху точността при наземното лазерно сканиране, като влияние на специфичните особености на обекта, зависимост между ширината на лазерния сноп и ъгловото отместване на лазерната глава, физико -механичните свойства на сканираните повърхности и влиянието им върху точността на резултатите, влияние на атмосферните условия, технологичните спецификации;

- В петата точка е направен сравнителен анализ на технологията TLS с други наземни методи за определяне на обеми;

- В шестата точка, са описани етапите при създаването на тримерен модел на терена;

В практическата част са описани експерименти основно ориентирани към анализ на подходите за изчисление на обем.

Във втората част от практическата част е описан експеримент, който показва какво приложение има технологията на 3D лазерното сканиране при изследване на структурната нарушеност на скални масиви.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТ

1. СЪЩНОСТ НА ЛАЗЕРНОТО СКАНИРАНЕ

Наземното лазерно сканиране се извършва с помощта на специален лазерен скенер. Основната идея, залегнала в устройството на системата, е излъчването на сноп лъчи, които сканират повърхността по две оси – X и Y, и създават мрежа от точки с еднакво разстояние помежду им, по вертикална и хоризонтална ос [Staiger R., *Terrestrial Laser Scanning Technology, Systems and Applications, Germany, 2003*].

При самия процес на сканиране се определя не само разстоянието до обекта, скоростта на движение на лазерния лъч, но и някои качествени характеристики (напр. цвят). Резултатът от лазерното сканиране е така нареченият „3D облак“ от точки, всяка от които съдържа геометрична информация за обекта. Точките са толкова на гъсто, че заснетата повърхност може да бъде представена като комбинирано изображение.

2. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ И РАЗНОВИДНОСТИ НА ТЕХНОЛОГИЯТА

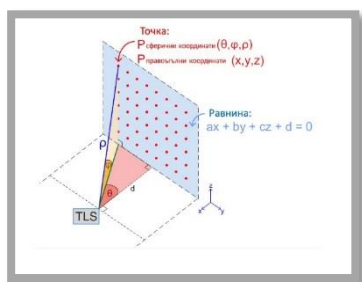
На пръв поглед, принципите, залегнали в основата на технологията, са същите, като тези, на които е базирано измерването на разстояния, посредством електромагнитни вълни. Тук също основните методи са два: импулсен и фазов.

Скенерите, базирани на фазовия принцип имат изключително висока разделителна способност и скорост за заснемане на точки, но в сравнение с импулсните скенери те са с по - скромни възможности по обхват на действие.

3. ГЕОМЕТРИЧНИ АСПЕКТИ НА ТОЧНОСТИ ПРИ НАЗЕМНОТО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ

Пространственото позициониране на отделна точка i от повърхнината на сканирания обект може да бъде представено посредством нейните сферични координати φ , θ и ρ (фигура 3.1) и връзките им с правоъгълните координати x , y , z :

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix}_{i=1,\dots,n} = \begin{bmatrix} \rho_i \cos \varphi_i \cos \theta_i \\ \rho_i \cos \varphi_i \sin \theta_i \\ \rho_i \sin \varphi_i \end{bmatrix}_{i=1,\dots,n} \quad (3.1)$$



Фигура 3.1: Схематично представяне на определянето на точки от един облак (облак от точки).

Така записаните координати на дискретната точка i се отнасят за локалната координатна система на скенера. В случай, че искаме да изразим пространственото положение на точката в една предварително създадена (дефинирана) единна координатна система за съответния обект, можем да напишем:

$$\begin{aligned}x_i &= x_{ck} + \rho_i \cos \varphi_i \cos \theta_i \\y_i &= y_{ck} + \rho_i \cos \varphi_i \sin \theta_i \\z_i &= z_{ck} + H_{ck} + \rho_i \sin \varphi_i\end{aligned}\quad (3.2)$$

Където:

- x_{ck}, y_{ck}, z_{ck} - са координатите на станцията (точката, където е станциониран скенера);
- H_{ck} е височината на сканиращата глава на уреда над точката на станциониране;
- ρ_i - наклоненото разстояние (пространствената хорда), дефинирана от геометричния център на сканиращата глава и сканираната точка.

Ако диференцираме последователно уравненията от (3.1 и 3.2) и от диференциални нараствания преминем към средни квадратни грешки, ще получим:

$$\begin{aligned}m_{x_i}^2 &= m_{x_{ck}}^2 + a_1^2 \cdot m_\rho^2 + a_2^2 \cdot m_\varphi^2 + a_3^2 \cdot m_\theta^2 \\m_{y_i}^2 &= m_{y_{ck}}^2 + b_1^2 \cdot m_\rho^2 + b_2^2 \cdot m_\varphi^2 + b_3^2 \cdot m_\theta^2 \\m_{z_i}^2 &= m_{z_{ck}}^2 + m_{H_{ck}}^2 + c_1^2 \cdot m_\rho^2 + c_2^2 \cdot m_\varphi^2\end{aligned}\quad (3.3)$$

Където:

- $m_{x_{ck}}, m_{y_{ck}}$ и $m_{z_{ck}}$ са средните квадратни грешки на пространствените координати на станцията;
- $m_{H_{ck}}$ е средната квадратна грешка, с която е определена височината на сканиращата глава над станцията;

$$\begin{aligned}a_1 &= \cos \varphi \cdot \cos \theta \\a_2 &= -\rho \cdot \sin \varphi \cdot \cos \theta\end{aligned}\quad (3.4)$$

$$\begin{aligned}a_3 &= -\rho \cdot \cos \varphi \cdot \sin \theta \\b_1 &= \cos \varphi \cdot \sin \theta \\b_2 &= -\rho \cdot \sin \varphi \cdot \sin \theta \\b_3 &= \rho \cdot \cos \varphi \cdot \cos \theta\end{aligned}\quad (3.5)$$

$$\begin{aligned}c_1 &= \sin \varphi \\c_2 &= \rho \cdot \cos \varphi\end{aligned}\quad (3.6)$$

Що се отнася до средната квадратна грешка на станциониране:

$$m_{st} = \sqrt{m_{x_{ck}}^2 + m_{y_{ck}}^2 + m_{z_{ck}}^2} \quad (3.7)$$

тя ще бъде в пряка зависимост от избрания метод и подход при пространственото определяне на предварително избраните станции. Тази грешка може да варира в границите от няколко милиметра до няколко сантиметра. Характерното за тази грешка е, че тя не е значима при характеризиране предимствата на лазерното сканиране. Основното предимство на този метод е не пространственото позициониране на обекта, а неговото детайлно изобразяване.

Подобни разсъждения биха могли да бъдат развити и за $m_{H_{ck}}$. Стойността на тази грешка не надминава 1 - 2 mm.

Очевидно, анализирайки точността на позициониране на отделна дискретна точка от сканирания обект, би трябвало да се съсредоточим върху точността, с която се определят сферичните координати φ, θ и ρ на точката. Точността на регистрация на позициониращите ъгли φ и θ е в пряка зависимост от предварително зададената резолюция на облака от дискретни точки [Soudarissanane, S., "The geometry of Terrestrial Laser Scanning", (2016)]. Тъй като регистрацията на φ и θ се извършва автоматично, в зависимост от сканиращата глава на уреда, основно влияние върху точността на позициониране ще оказва разстоянието до точката. Тази точност е в пряка зависимост от това дали скенерът е конструиран да работи на базата на импулсния или на фазовия метод. От друга страна,

значение ще има и местоположението на конкретната точка от обекта - дали тя е фронтално или относително периферно разположена по отношение на сканиращата глава.

В случай, че разглеждаме точността на определяне на пространствената хорда до дадена дискретна точка от обекта m_p , вниманието ни трябва да бъде съсредоточено върху двата метода за определяне на разстояние посредством електро-магнитни вълни - импулсен и фазов.

3.1 ТОЧНОСТ НА ИМПУЛСНИЯ МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕТО НА РАЗСТОЯНИЕТО

В съответствие с основната зависимост на импулсния метод:

$$\rho = \frac{v \cdot T_{2p}}{2} \quad (3.1.1)$$

където: v е скоростта на електромагнитната вълна;

T_{2D} е времето, за което вълната изминава двойното разстояние между устройството (скенера) и отразяващата повърхност.

Основното при този метод е измерването на времето T_{2p} . Тъй като скоростта на електромагнитните вълни е твърде голяма $\approx 3 \times 10^5 \text{ km/s}$, това време е изключително малко, дори и при големи разстояния. Например при $\rho = 30 \text{ km}$, това време е от порядъка на $0.0002 \text{ s} = 0.2 \text{ ns}$. Ето защо тези малки времеви интервали трябва да се замерват с много голяма точност за да бъде гарантирана необходимата за геодезистите точност. Непосредствено от зависимостта $\rho = \frac{v \cdot T_{2p}}{2}$ следва, че грешката при измерване на времето трябва да бъде:

$$m_{T_{2p}} = \frac{2m_p}{v} = T_{2p} \frac{m_p}{\rho} \quad (3.1.2)$$

Ако, например, бъде поставено изискване разстоянието ρ да бъде определено с грешка, не по – голяма от 3 mm (което при разстояние от 300 m съответства на относителна грешка 1: 100000) то времето T_{2p} трябва да бъде измерено с грешка не по - голяма от $0.01 \times 10^{-9} \text{ s} = 0.01 \text{ ns}$.

Естествено е, че за да бъде достигната подобна точност е необходимо да приложим специални методи за измерване на T_{2p} , различаващи се по принципите на тяхната реализация.

3.2 ТОЧНОСТ НА ФАЗОВИЯ МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕТО НА РАЗСТОЯНИЕТО

Ако се използва основното уравнение на един фазов далекомер, може да се запише:

$$\rho = \frac{v \cdot \varphi_{2p}}{4\pi f} \quad (3.2.1)$$

В противен случай грешката m_p е обусловена от грешките m_φ, m_f, m_v .

Отчитайки, че тези грешки са независими, базирайки се на теорията на грешките, изразът за относителната грешка в разстоянието ρ ще има вида:

$$\frac{m_p}{\rho} = \sqrt{\left(\frac{m_\varphi}{\varphi}\right)^2 + \left(\frac{m_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{m_v}{v}\right)^2} \quad (3.2.2)$$

За абсолютната грешка на D се получава окончателно:

$$m_p = \sqrt{\left(\frac{v}{4\pi f}\right)^2 m_\varphi^2 + \rho^2 \left[\left(\frac{m_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{m_v}{v}\right)^2\right]} \quad (3.2.3)$$

От своя страна, разстоянието ρ е повлияно от постоянната поправка k , представляваща константата на прибора и която се определя с грешка m_k . Тогава изразът за m_k би придобил вида:

$$m_D = \sqrt{m_k^2 \left(\frac{v}{4\pi f}\right)^2 m_\varphi^2 + \rho^2 \left[\left(\frac{m_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{m_v}{v}\right)^2\right]} \quad (3.2.4)$$

Местоположението на една конкретна точка, спрямо сканиращата глава на уреда, придава допълнителен чисто геометричен, оттенък на пространственото позициониране. От (3.3) ясно се вижда, че стойностите на m_x, m_y и m_z зависят пряко от коефициентите $a_1, \dots, a_3; b_1, \dots, b_3; c_1$ и c_2 . Минимизирането на тези коефициенти би довело до минимизиране на грешката в пространствената позиция на всяка отделна точка.

От (3.4) може лесно да се направи изводът, че коефициентите a_1, a_2 и a_3 биха имали минимални стойности ($a_1 = 0, a_2 = 0, a_3 = 0$), в случай, че конкретната точка е разположена фронтално на уреда и лежи в хоризонталната равнина на сканиращата глава. В този случай:

$$m_{x_i} = m_{x_{ck}} \quad (3.2.5)$$

Що се отнася до m_{y_i} , от (3.5) следва, че коефициентите b_1, b_2 и b_3 ще са с минимални стойности, ако сканираната дискретна точка лежи в хоризонталната равнина на сканиращата глава или се намира около зенита на станцията. Тогава:

$$m_{y_i} = m_{y_{ck}} \quad (3.2.6)$$

И най - сетне за m_{z_i} ще бъде изпълнено:

$$m_{z_i} = \sqrt{m_{z_{ck}}^2 + m_{H_{ck}}^2} \quad (3.2.7)$$

в случай, че сканираната точка е позиционирана около зенита или лежи в хоризонтална равнина, минаваща през сканиращата глава на уреда.

4. ФАКТОРИ, ОКАЗВАЩИ ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ ТОЧНОСТТА ПРИ НАЗЕМНОТО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ

Точността и цялостното качество на резултата от сканирането е в пряка зависимост от няколко групи фактори: механични (конструктивни); атмосферни геометрични и такива, които са дефинирани от специфичните особености на сканирания обект.

4.1 ВЛИЯНИЕ НА СПЕЦИФИЧНИТЕ ОСОБЕНОСТИ НА ОБЕКТА

„Шумът”, получен по време на измерванията също играе роля при прецизното моделиране на повърхнината. Той причинява отклонение на разстоянието до точките за времето, необходимо на лазерния лъч да достигне до тях. Това отклонение е от порядъка на милиметър. Този „шум” се явява като мярка за точност, но не за абсолютна точност.

4.2 ЗАВИСИМОСТ МЕЖДУ ШИРИНАТА НА ЛАЗЕРНИЯ СНОП (РАЗМЕР НА ЛАЗЕРНОТО ПЕТНО) И ЪГЛОВОТО ОТМЕСТВАНЕ НА ЛАЗЕРНАТА ГЛАВА

В процеса на сканиране с различна плътност на растера възниква взаимна зависимост между големината на ъгловото отместване (ъгловата стъпка) и разсейването на лазерния лъч. Разсейването на лъча води до образуване на „петно“ върху повърхността на заснемания обект, зависещо от разстоянието до обекта и от конструкцията на самия лазер. Известно е [Ямбаев, Х. К; 2011], че наслагащите се едно върху друго петна водят до нежелана корелация при „сглобяване“ на образа. Поради това се препоръчва да се работи с ъглова стъпка двукратно по - голяма от ъгъла на разсейване на лазерния лъч.

Налага се изводът, че не е необходимо да се конструират скенери с ъглова стъпка, по - малка от ъгъла на разсейване на лазерния лъч. От друга страна, големината на отделните детайли от обекта е определяща за максимално допустимия диаметър на лазерното петно върху обекта. Този диаметър зависи от избраната ъглова стъпка и отдалечеността на обекта. За потребителя това би означавало, че оптималното разстояние до сканирания обект трябва да се избира в зависимост от конкретните параметри на прибора и желаната степен на детайлност на сканираното изображение.

Особеностите на безконтактното сканиране са свързани с безрефлекторното измерване на разстояние посредством фазов или импулсен метод. Тъй като много особености и недостатъци на отделните “сканове” (облаци от точки) се забелязват едва при тяхната обработка или при изграждане на цялостния 3D - модел на обекта, трябва да се имат предвид свойствата на повърхността, структурата на материала и геометричните особености на обекта. Очевидно е, че отразяващата способност на различните обекти и на отделните им части може да бъде различна. Поради това далекомерното устройство на скенера трябва да бъде с широк динамичен диапазон, позволяващ работа на уреда при различна интензивност на отразения лъч.

4.3 ФИЗИКО - МЕХАНИЧНИ СВОЙСТВА НА СКАНИРАНИТЕ ПОВЪРХНОСТИ И ВЛИЯНИЕТО ИМ ВЪРХУ ТОЧНОСТТА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ СКАНИРАНЕТО

- Грапавина на повърхността:

Типичен пример за грапава повърхнина е не много груба повърхност, предизвикваща дифузно отражение, но така, че независимо от ъгъла на падане върху нея на лазерния лъч, сигналът се връща към скенера.

- Интерференционни шумове

Тези шумове са в пряка зависимост от неравностите по повърхността и ъгъла на падане на лазерния лъч. Това намалява, в една или друга степен, интензивността на получавания отразен сигнал. Визуално, тези т. нар. “петна” са лесно разпознаваеми, преди всичко по краищата на лазерния сноп върху повърхността на обекта.

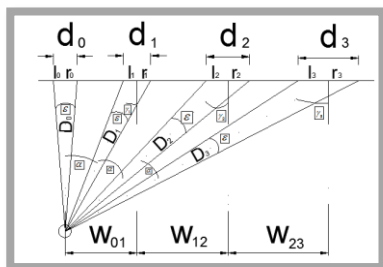
- Отразяваща способност на повърхността

В зависимост от дължината на вълната на лазерния лъч и цвета на обекта се формира един спектрален коефициент на отражение между приетия и излъчения сигнал. Грапавината на повърхността и ъгъла на падане на лъча не се вземат под внимание. Важното, в случая, е как определен

цвят на обекта поглъща падащата светлина. На практика, проблемни могат да се окажат повърхности, чийто цвят не е съгласуван с дължината на вълната на лазерния лъч.

Коефициентът на отражение, както и мощността на получавания отразен сигнал намаляват квадратично с увеличаване на разстоянието - факт, който трябва да се отчита при използване на скенера за максимално отдалечени обекти.

Ъгъл на падане на лъча и разрешаваща способност. При изменение на ъгъла на отклонение α или ъгъла на падане γ_i се увеличават интервалите на запис в уреда и размерът на лазерното петно d_i . В съответствие - за граничните области на заснемания участък се влошава разрешаващата способност на скенера.



Фигура 4.3.1: Ъгъл на падане и разсейване на лъча

- Ъгъл на падане на лазерния лъч

Променящото се сечение на лазерния лъч, респективно - големите ъгли на падане γ_i , могат систематично да повлияят и влошат точността на измерените разстояния D_i . Към разстоянието D_3 съответства диаметър на лазерния сноп $d_3 = l_3 + r_3$. Тук дясната компонента r_3 е по - голяма от лявата l_3 . Светлинната енергия в отдалечената зона r_3 е по - малко концентрирана, което означава, че отразената част на този лъч ще бъде с по - малко количество енергия. Смесеният сигнал от l_3 и r_3 е по - силен в участъка l_3 , което може да доведе до намаляване на измереното разстояние D_3 . Ако участъците l_3 и r_3 са разположени на границата между два материала с различни коефициенти на отражение, подобен ефект би бил много по - ярко изразен.

- Ъгъл на падане и интензивност на светлината

Ако приемем, че заснеманата повърхност притежава идеално дифузно отражение, то яркостта на лазерното петно ще бъде съпоставима с ъгъла на падане γ_i . При намаляване на ъгъла на падане, т. нар. Ламбертови елементи на повърхността ще получат по - малка част от светлинната енергия. Съгласно Ламбертовия косинусов закон, това ще доведе до по - слабо дифузно отражение и едновременно с това ще съкрати отдалечеността /пределното разстояние/ на работа на сканиращото устройство:

$$I_{отр.} = I \cdot \cos \gamma_i \quad (4.3.1)$$

Например, при ъгъл на падане 45° , интензивността се намалява на 70%, а в резултат на това намалява и отдалечеността на ефективно действие на скенера:

$$I_{45^\circ} = I \cdot \cos 45^\circ = 0,7 \cdot I \quad (4.3.2)$$

4.4 ВЛИЯНИЕ НА АТМОСФЕРНИТЕ УСЛОВИЯ

- външно излъчване

Излъчването на светлина от външен източник (лампи, слънчева светлина и т.н.) може да повлияе на точността на измервания диапазон, ако то е значително по - силно от уловената лазерна енергия. Количеството външна радиация може да се намали с поставянето на филтър на лещите на приемника или между лещите и датчиците. Тези проблеми могат да бъдат избегнати при сканиране през нощта, но тогава се появява проблемът със загубата на точки от повърхността на сканирания обект.

4.5 ТЕХНОЛОГИЧНИ СПЕЦИФИКАЦИИ

- нестабилност и вибрации на скенера по време на измерванията

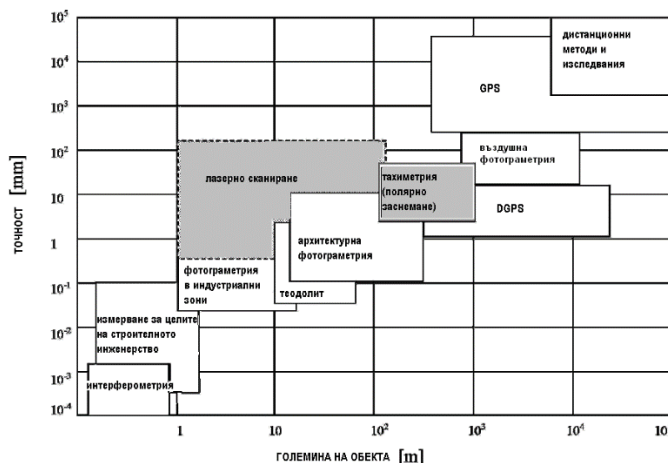
За постигането на резултати с висока точност, е от голямо значение, по време на лазерно сканиране инструментът да не се движи спрямо обекта. Въпреки това, в много случаи лазерният скенер

е обект на удари и вибрации, предизвикани от различни източници: **нестабилност на триногата, вятър** и др.

5. СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА TLS - ТЕХНОЛОГИЯТА С ДРУГИ НАЗЕМНИ МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОБЕМИ

Основната група от съвременни геодезически методи за регистрация на дискретни точки в едно 3D - пространство (с измерени X, Y, Z или X, Y, H), включва в себе си: дигитализиране (сканиране) на съществуващи аналогови карти; обикновена тахиметрия (полярна геодезическа снимка); фотограмметрия; GNSS – измервания (в режим PPK - *Post Processing Kinematic* или RTK - *Real Time Kinematic*) и лазерно сканиране.

Редица автори анализират и съпоставят, в различен аспект, възможностите на отделните методи. Един синтезиран израз на подобна съпоставка е показан на *Фигура 5.1*.



Фигура 5.1: Съпоставка на геодезическите методи за регистрация на дискретни точки в едно 3D - пространство

Освен нагледна илюстрация на съпоставката между отделните методи, *фигура 5.1* показва диапазона на приложение на съответния метод, в зависимост от размерите на обекта и точността на определяемия дигитален модел на терена. Ясно се вижда зоната, в която се позиционира методът на лазерното сканиране. Коректността изисква да се отбележи, че на *Фигура 5.1* не е отчетен факторът плътност (гъстота) на заснемане, който, както вече бе подчертано, е от особена важност.

При такава пестрота от методи, естественият и най - важен въпрос е: *кой е най - добрият метод за изчисление на обем от земни маси?* Няма еднозначни и общо валидни правила, които биха помогнали за един изцяло коректен отговор на така поставения въпрос. Оптималното решение обаче би било подчинено на съвместното влияние на всички основни фактори, от които два са с определящо значение: *бързината и точността*.

По отношение на *бързината*, изразяваща се в брой определени точки за единица време, технологията на лазерното сканиране е без конкуренция. Предимствата, в това отношение, са обусловени от относителната простота на технологията, не изискваща допълнителна пренастройка на апаратурата по време на измерванията, като същевременно се изпълнява едно пространствено определяне на дискретни точки със средна честота от порядъка на около 300 000 точки за час. Допълнително предимство е възможността да се работи практически в целия времеви диапазон на денонощието.

Що се отнася до *точността* на формирания дигитален модел на терена, лазерният скенер отстъпва на тоталните станции от най - висок клас и то само за фронтално разположените участъци от заснеманите обекти. Във височинно отношение неговата точност е съпоставима с точността на точните нивелири.

6. ЕТАПИ ПРИ СЪЗДАВАНЕТО НА ТРИМЕРЕН МОДЕЛ НА ТЕРЕНА

Основните етапи при създаването на дигитален модел на терена са:

- Събиране на необходимата изходна информация
- Преобразуване на информацията в цифров вид
- Обработка на полученото растрено изображение – Като обработката на растреното изображение включва: предварителна обработка, векторизиране, георефериране, моделиране на теренна повърхнина и създаване на цифров модел на повърхнината.

ПРАКТИЧЕСКА ЧАСТ

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Реализираните експерименти са основно ориентирани към анализ на подходите за изчисление на обем между три модела, адаптирани към един и същ обект. Експериментите са базирани на резултати от реални геодезически работи, в районите на 6 находища с обща площ около 40 ha.

Теренните повърхнини на кариерите са заснети по два метода – чрез преки маркшайдерски и геодезически измервания, посредством GNSS - технология (*режим RTK*) и чрез наземно лазерно сканиране (*TLS*).

От обработката на данните, получени чрез двата метода за 5 от изследваните кариери, са създадени три цифрови модела на теренната повърхнина и на елементите на минните работи. За референтен модел е използвана повърхнина, създадена от сканиран наличен картен материал и маркшайдерска графична документация, основно съдържащ данни за теренната повърхнина преди започване на експлоатация на кариерата. За кариера „Делян“ са създадени 4 модела, базирани на данни, получени от измервания чрез GNSS – технологията и чрез TLS - технологията през 2012г. и 2013г.

На базата на получените цифрови модели е изчислен обемът минно-добивна дейност, като е извършено сравнение не само между различните периоди, а и са сравнени обемите от различните технологии, получени по едно и също време.

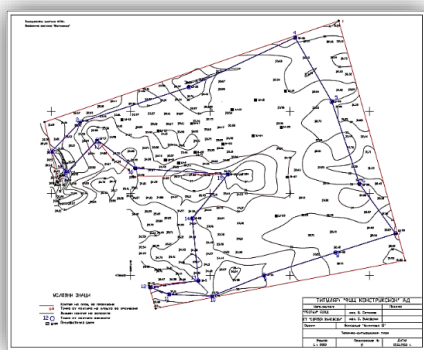
2. АНТИМОВО II

2.1 МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ

Находището, за строителни материали - алувиални наслаги (заглинени пясъци) “Антимово II”, е разположено северно от гр. Видин, срещу румънския гр. Калафат. Районът на находището има сравнително равнинен характер. Той се характеризира с не много сложен геоложки строеж. Предоставената концесия е с предмет на експлоатация „добив на подземни богатства – строителни материали (заглинени пясъци, годни за неотговорно строителство – изграждане на насипи, и годни за ползуване в пътното строителство)”. Приблизителната площ на експлоатираната територия е около 12 ha.

2.2 НАБАВЯНЕ НА ИЗХОДНИ ДАННИ

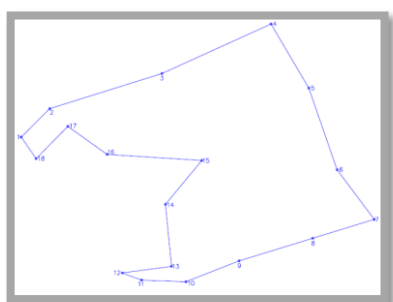
От Геофонда към *Министерство на икономиката* е предоставен теренно-ситуационен план на находището, актуален към ноември 2010г.



Фигура 2.1: Теренно - ситуационен план в М 1:2000

От Националния концесионен регистър е извлечена информация за координатите ограничаващи концесионната площ, координатите на находището на подземното богатство и акта за изключителна държавна собственост с No 1210/ 29.07.2011 г.

В случая, контурът на концесионната площ, контурът на находището и контурът на утвърдените геоложки запаси съвпадат.



Фигура 2.2: Схема с контурите на концесионната площ и находището



Фигура 2.3: Изглед на част от територията на находището

2.3 МАРКИРАНЕ НА ГРАНИЧНИТЕ ТОЧКИ НА КОНТУРА НА НАХОДИЩЕТО ВЪРХУ ТЕРЕНА

При проверка на граничните точки на концесионната площ (посредством трасиране с GNSS-приемници) се установи, че те не са трайно обозначени на място. Това наложи те да бъдат маркирани.

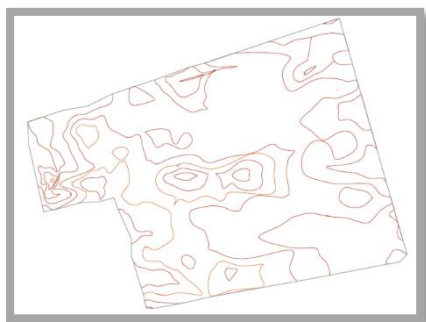
2.4 АНАЛИЗ НА ОПОРНАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА МРЕЖА И РАБОТНАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА ОСНОВА

За нуждите на маркшайдерския замер са използвани 5 броя точки от работната геодезическа основа на находище „Антимово II”, координатите и котите, на които са взети от доклад предоставен от Министерството на икономиката. Същите са стабилизирани с бетонни блокчета и обозначени с маркиращи пирони.

Координатите и котите на работните точки са проверени, като са измерени с два GNSS приемника *Torcon HIPER Pro* в режим „реално време“. Установените, в резултат на проверката, разлики в координатите и котите на точките са под 15 mm, което позволи да се използват като изходни за маркшайдерския замер. За референтна станция е използвана триангулационна точка 2235 от държавната мрежа.

2.5 БАЗИСНА (РЕФЕРЕНТНА) ПОВЪРХНИНА

Предоставеният от Министерството на икономиката теренно-ситуационен план с блокировка на запасите на находището от 2010 г. в М 1:2000 съдържа контур на концесионната площ и контур на находището на подземното богатство (Фигура 2.3).

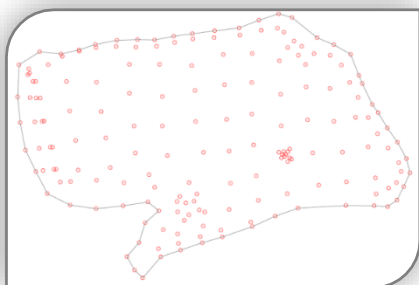


Фигура 2.3: План с изолинии на референтната повърхнина

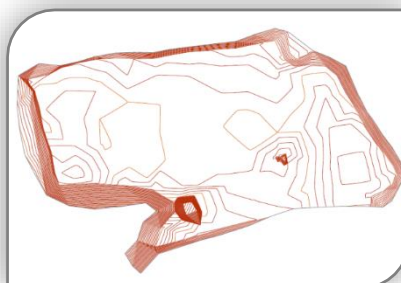
На базата на хоризонтални и характерни точки от получения цифров модел, е създадена повърхнина, която да послужи за референтна при изчисляване на обема на изетия обем (фракция) от находището, в процеса на неговата експлоатация. Предоставената в цифров вид информация позволява да се постигне достатъчно добра точност, при формирането на тази повърхнина.

2.6 ПЪРВИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ПРЕКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ

Заснемането на находище „Антимово II” е извършено от екип, съставен от трима души, в рамките на 3 часа. Измерени са 185 подробни точки (Фигура 2.4), които описват характерни (структурни) линии от терена (вододели, водосливи), точки от релефа и от самото находище. На базата на получената повърхнина, след направеното геодезическо заснемане, е изработен план с изолинии, изобразяващ актуалното състояние на кариерата (Фигура 2.5).



Фигура 2.4: Схема с подробните точки, заснети на характерни места



Фигура 2.5: План с изолинии на заснетата повърхнина

С помощта на получената повърхнина от GNSS - измерванията и получената, преди това, референтна повърхнина, е изчислен обемът на находището (Таблица 2.3).

Таблица 2.1: Изчислен обем между референтната повърхнина и първия цифров модел, базиран на GNSS измервания

Референтна повърхнина	Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркишайдерско заснемане ноември 2010г.	Маркишайдерско заснемане февруари 2013г.	377 974.492	854.084

2.7 ВТОРИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ НАЗЕМНО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ

Заснемането е извършено с помощта на наземен лазерен скенер *Scan Station 2* на швейцарската фирма *Leica* от екип, включващ двама души, за около 2 часа. Използвани са 2 нетрайно стабилизирани станции (*ЛТ1 – ЛТ2*), като за всяка станция са определени предварително пространствените координати. Определени са и координатите на няколко марки, служещи за пространственото ориентиране и привързване на сканираните участъци. Определянето на пространствените координати на станциите и маркиите е извършено чрез два GNSS приемника *Topcon Hiper Pro* в режим „реално време“, като за референтна точка е използвана ТТ 2235. Предварително зададената гъстота на заснетите точки от теренната повърхнина е около 10 точки/m². Средната точност в пространственото положение на отделна точка е приблизително 4 mm.

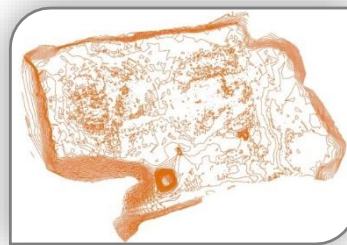
Заснети са 2 577 118 точки, които впоследствие, след експериментален анализ, са редуцирани до 467 245 точки, със средна гъстота 50x50 cm (*Фигура 2.6*). Окончателно избраната гъстота позволява получената повърхнина да бъде определена, в пространствено отношение, с точност от около 2 cm. Всички сканирани точки са геореферирани в предварително дефинирана локална координатна система за обекта, посредством предварително изградената мрежа от опорни точки.

Обработката на измерванията със скенера е извършена с фирмения софтуер CYCLONE. С негова помощ сканираните данни са представени посредством комбинация от контури, линии на пречупване, повърхнинна мозайка и др.

На база на така получената теренна повърхнина, е изработен план с изолинии, отразяващ актуалното състояние на кариерата (*Фигура 2.7*). Полученият модел на терена е експортиран във формат, съвместим с AutoCAD.



Фигура 2.6: Схема с подробните точки на характерни места



Фигура 2.7: План с изолинии на сканираната повърхнина

С помощта на получената повърхнина от наземното лазерно сканиране и повърхнината, получена от наличния картен материал, е изчислен обемът на находището (*Таблица 2.2*).

Таблица 2.2: Изчислен обем между референтната повърхнина и втория цифров модел

Референтна повърхнина	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркишайдерско заснемане ноември 2010г.	Маркишайдерско заснемане февруари 2013г.	375 342.848	780.773

Направена е и съпоставка между получената, в резултат на преки геодезически измервания, повърхнина и повърхнината от наземното лазерно сканиране (*Таблица: 2.3*).

Таблица 2.3: Изчислен обем между първия и втория цифров модел

Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркишайдерска снимка февруари 2013г.	Маркишайдерска снимка февруари 2013г.	6 012.781	12 111.428

3. ДИОНИСО II

3.1 МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ

Находището за скалнооблицовъчни материали - варовици "Дионисо II" е разположено в землището на с. Горна Кремена общ. Мездра, обл. Враца. Районът на находището има планински характер. Предоставената концесия е с предмет „експлоатация на добив на варовици“.

Развитието на минните работи е съсредоточено и ограничено в южната част на контура на заявената концесионна площ. Приблизителната площ на експлоатираната територия е 3 ha.

3.2 НАБАВЯНЕ НА ИЗХОДНИ ДАННИ

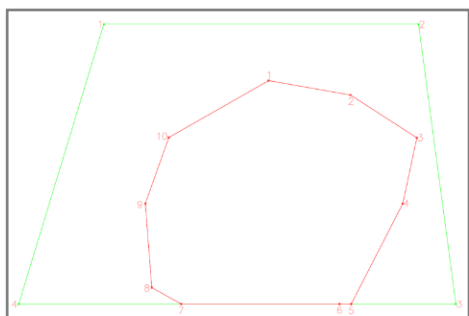
От Геофонда към *Министерство на икономиката* е предоставен теренно-ситуационен план на находището, актуален към октомври 2010 г.



Фигура 3.1: Теренно-ситуационен план в М 1:5000

От Националния концесионен регистър е извлечена информация за координатите ограничаващи концесионната площ, координатите на находището на подземното богатство и акта за изключителна държавна собственост с No 1257/ 18.11.2011г.

В случая, контурът на концесионната площ, контурът на находището и контурът на утвърдените геоложки запаси не съвпадат.



Фигура 3.2: Схема с контурите на концесионната площ (означени със зелен цвят) и находището (означени със червен цвят)



Фигура 3.3: Снимки на част от територията на находището

В резултат на извършено полско проучване на територията на находището, е установено, че находището (Фигура 3.3) се намира в процес на експлоатация.

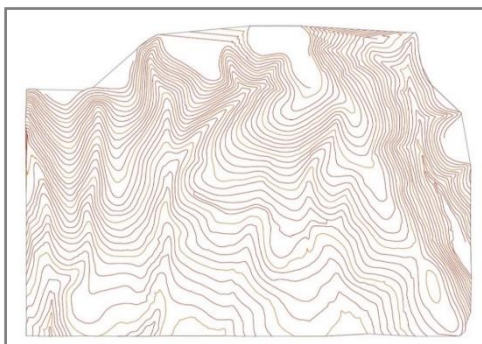
3.3 МАРКИРАНЕ НА ГРАНИЧНИТЕ ТОЧКИ НА КОНТУРА НА НАХОДИЩЕТО ВЪРХУ ТЕРЕНА

Граничните точки на концесионната площ, са маркирани с метални колове с височина 2 m над земната повърхност. При проверка на част от тези точки (посредством трасиране с GNSS- приемници) се установи, че те са коректно поставени и физически запазени.

3.4 АНАЛИЗ НА ОПОРНАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА МРЕЖА И РАБОТНАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА ОСНОВА

За нуждите на маркшайдерския замер е използвана намиращата се в близост до обекта триангулационна точка TT14 /XXXVI/.

3.5 БАЗИСНА (РЕФЕРЕНТНА) ПОВЪРХНИНА

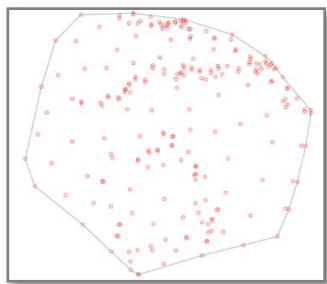


Фигура 3.4: План с изолинии на референтната повърхнина

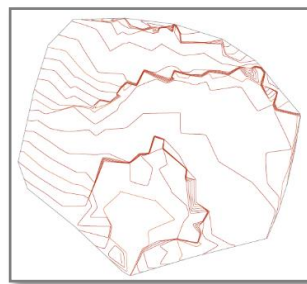
Предоставения от Министерството на икономиката теренно - ситуационен план с блокировка на запасите на находището от 2010 г. в М 1:5000 е сканиран, векторизиран, георефериран и трансформиран посредством специализиран софтуер. Формирана е изходна повърхнина на терена в цифров вид, като са използвани хоризонтални (със сечение през 1 m) и характерни теренни и ситуационни точки. Сравнително доброто състояние на плана и информацията върху него, позволява да се постигне добра точност при формирането на референтна повърхнина, която ще послужи за изчисляване на обема на иззетата, в процеса на експлоатация, фракция от находището.

3.6 ПЪРВИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ПРЕКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ

Заснемането на находище „Дионисо II” е извършено посредством GNSS-приемници, в RTK режим, от екип, съставен от трима геодезисти, в рамките на 3 часа. Измерени са 230 подробни точки (Фигура 3.5), които описват характерни (структурни) линии от терена (вододели, водосливи), точки от релефа и от самото находище. На базата на резултатите от тези измервания е получена повърхнина, послужила впоследствие за изработване на план с изолинии, отразяваща актуалния релеф на кариерата (Фигура 3.6).



Фигура 3.5: Схема с подробните точки, заснети на характерни места



Фигура 3.6: План с изолинии на заснетата повърхнина

С помощта на получената актуална повърхнина от GNSS- измерванията и повърхнината, получена от картния материал, е изчислен обемът на изкопите и насипите на находището (Таблица 3.1).

Таблица 3.1: Изчислен обем на изкопите и насипите между референтната повърхнина и повърхнината от първия цифров модел

Референтна повърхнина	Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркшайдерска снимка октомври 2010г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	151 672.809	7.646

3.7 ВТОРИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ НАЗЕМНО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ

Заснемането е извършено с помощта на наземен лазерен скенер Scan Station 2 на швейцарската фирма Leica от екип, включващ двама специалисти, за около 2 часа. Използвани са 6 нетрайно стабилизирани станции (ЛТ1 – ЛТ6), като за всяка станция са определени предварително пространствените координати. Определени са и пространствените координати на няколко марки, служещи за пространственото ориентиране на сканираните участъци. Определянето на пространствените координати на станциите и маркиите е извършено чрез два GNSS приемника Topcon Hiper Pro в режим „реално време”, като за референтна точка е използвана ТТ14/XXXVI/. Предварително зададената гъстота на заснетите точки от теренната повърхнина е около 8 точки/m². Средната точност в пространственото положение на отделна точка е приблизително 4 mm.

Заснети са 1 652 327 точки, които впоследствие, след експериментален анализ, са редуцирани до 130 350 точки, със средна гъстота 50x50 cm (Фигура 3.7). Окончателно избраната гъстота позволява

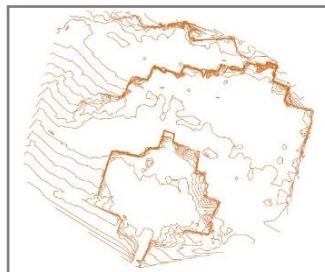
получената повърхнина да бъде определена, в пространствено отношение, с точност от около 2 см. Всички сканирани точки са геореферирани в предварително дефинирана локална за обекта координатна система, посредством предварително изградена мрежа от геодезически точки.

Обработката на измерванията със скенера е извършена с фирмения софтуер CYCLONE. С негова помощ сканираните данни са представени посредством комбинация от контури, линии на пречупване, повърхнинна мозайка и др.

На база на така получената теренна повърхнина, е изработен план с изолинии, отразяващ актуалното състояние на минните изработки и повърхнината около кариерата (Фигура 3.8). Полученият модел на терена е експортиран във формат, съвместим с AutoCAD.



Фигура 3.7: Схема с подробните точки на характерни места



Фигура 3.8: План с изолинии на сканираната повърхнина

С помощта на формираната чрез наземно лазерно сканиране повърхнина и повърхнината, получена от изходния картен материал, е изчислен обемът на изкопите и насипите за територията на находището (Таблица 3.2).

Таблица 3.2: Изчислен обем между референтната повърхнина и втория цифров модел

Референтна повърхнина	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m^3)	Насипи (m^3)
Маркшайдерска снимка октомври 2010г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	156 421.744	40.132

Направена е и съпоставка между получената в резултат на преки геодезически измервания повърхнина и повърхнината от наземното лазерно сканиране.

Таблица 3.3: Изчислен обем между първия и втория цифров модел

Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m^3)	Насипи (m^3)
Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	7 652.004	5 650.999

4. ЕРДЕН II

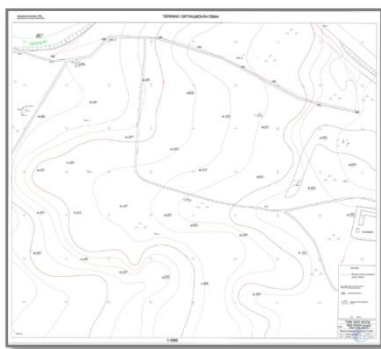
4.1 МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ

Находището за строителни материали – пясък и чакъл “Ерден II” е разположено в землището на с. Ерден и гр. Бойчиновци, общ. Бойчиновци, обл. Монтана. Районът на находището има сравнително равнинен характер. Предоставената концесия е с предмет „експлоатация на добив на добив на пясък и чакъл (речна баластра)“.

Развитието на минните работи е ограничено само в северозападната част на контура на утвърдените геоложки запаси и заявената концесионна площ. Приблизителна площ на експлоатираната територия е 4 ha.

4.2 НАБАВЯНЕ НА ИЗХОДНИ ДАННИ

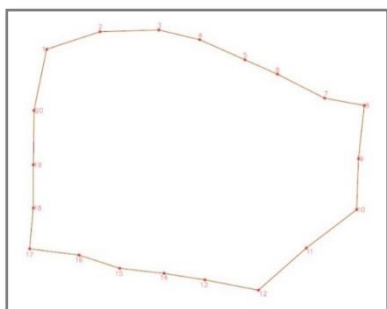
От Геофонда към Министерството на икономиката е предоставен теренно-ситуационен план на находището, актуален към ноември 2003 г.



Фигура 4.1: Теренно-ситуационен план в М 1:1000

От Националния концесионен регистър е извлечена информация за координатите ограничаващи концесионната площ, координатите на находището на подземното богатство и акта за изключителна държавна собственост с No 1031/26.03.2008 г.

В случая, контурът на концесионната площ, контурът на находището и контурът на утвърдените геоложки запаси съвпадат.



Фигура 4.2: Схема с контурите на концесионната площ и находището



Фигура 4.3: Снимки на част от територията

В резултат на извършено полско проучване на територията на находището е установено, че находището не се експлоатира, с изключение на малка площ в северозападната част на концесионната територия. Останалата част от концесионната територия е заета от ниви, част от които засяти с жито (Фигура 4.3).

4.3 МАРКИРАНЕ НА ГРАНИЧНИТЕ ТОЧКИ НА КОНТУРА НА НАХОДИЩЕТО ВЪРХУ ТЕРЕНА

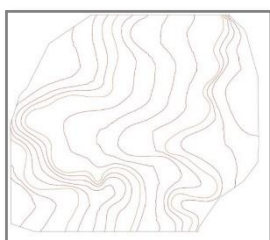
Граничните точки на концесионната площ, са маркирани с бетонови колове с размери 10x10 cm, и височина 60 cm над земната повърхност (Фигура 4.5). При проверка на част от тези точки (посредством трасиране с GNSS- приемници) е установено, че те са коректно поставени и физически запазени.

4.4 АНАЛИЗ НА ОПОРНАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА МРЕЖА И РАБОТНАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА ОСНОВА

От Геофонда към Министерството на икономиката е предоставена информация за координатите и котите на две точки от работната геодезическа основа, намиращи се в района на находището. След проверка е установено, че същите са унищожени. За нуждите на маркшайдерския замер е използвана намиращата се в близост до обекта триангулационна точка 18154 от Държавната геодезическа мрежа.

4.5 БАЗИСНА (РЕФЕРЕНТНА) ПОВЪРХНИНА

Предоставеният от Министерството на икономиката теренно-ситуационен план с блокировка на запасите на находището от 2003 г., в М 1:1000 съдържа контур на концесионната площ и контур на находището на подземното богатство.

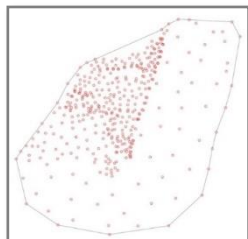


Фигура 4.4: План с изолинии на референтната повърхнина

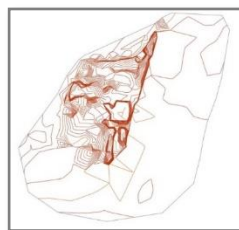
Картният материал (графичната документация) е сканиран, векторизиран, георефериран и трансформиран посредством специализиран софтуер. Впоследствие, създаденият от хоризонтални и характерни теренни и ситуационни точки, цифров модел на терена е използван за създаването на референтна повърхнина при изчисляване на обема на изнетата, в процеса на експлоатация, минна маса (фракция) от находището (Фигура 4.4).

4.6 ПЪРВИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ПРЕКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ

Заснемането на находище „Ерден II” е извършено от екип, съставен от трима специалисти, в рамките на 6 часа. Измерени са 409 подробни точки (Фигура 4.5), които описват характерни (структурни) линии от терена (вододели, водосливи), точки от релефа и от самото находище. На базата на получената повърхнина, след направеното геодезическо заснемане, е изработена план с изолинии, отразяващи актуалното състояние на кариерата (Фигура 4.6).



Фигура 4.5: Схема с подробните точки, заснети на характерни места



Фигура 4.6: План с изолинии на заснетата повърхнина

С помощта на получената повърхнина от GNSS- измерванията и получената референтна повърхнина, е изчислен обемът на иззетата част от находището (Таблица 4.1).

Таблица 4.1: Изчислен обем между референтната повърхнина и първия цифров модел

Референтна повърхнина	Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркшайдерска снимка ноември 2003г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	33 214.376	62.637

4.7 ВТОРИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ НАЗЕМНО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ

Заснемането е извършено с помощта на наземен лазерен скенер *Scan Station 2* на швейцарската фирма *Leica* от екип, включващ двама геодезисти, за около 2 часа. Използвани са 7 нетрайно стабилизирани станции (ЛТ1 – ЛТ7), като за всяка станция са определени предварително пространствените координати. Определени са и координатите на няколко марки, служещи за пространственото ориентиране и привързване на сканираните участъци. Определянето на пространствените координати на станциите и маркиите е извършено чрез два GNSS приемника *Torcon Hiper Pro* в режим „реално време”, като за референтна точка е използвана ТТ18154. Предварително зададената гъстота на заснетите точки от теренната повърхнина е около 8 точки/m². Средната точност в пространственото положение на отделна точка е приблизително 4 mm.

Заснети са 2 615 927 точки, които впоследствие, след експериментален анализ, са редуцирани до 163 637 точки, със средна гъстота 50x50 cm (Фигура 4.7). Окончателно избраната гъстота позволява получената повърхнина да бъде определена, в пространствено отношение, с точност от около 2 cm. Всички сканирани точки са геореферирани в предварително дефинирана локална координатна система за обекта, посредством предварително изградената мрежа от геодезически точки.

Обработката на измерванията със скенера е извършена с фирмения софтуер CYCLONE. С негова помощ сканираните данни са представени посредством комбинация от контури, линии на пречупване, повърхнинна мозайка и др.

На база на така получената теренна повърхнина, е изработен план с изолинии, отразяващ актуалното състояние на минните изработки в кариерата (Фигура 4.8). Полученият модел на изработките и терена е експортиран във формат, съвместим с *AutoCAD*.



Фигура 4.7: Схема с подробните точки на характерни места



Фигура 4.8: План с изолинии на сканираната повърхнина

С помощта на получената повърхнина чрез наземно лазерно сканиране и повърхнината, получена от картния материал, е изчислен обемът на иззетата минна маса от находището (Таблица 4.2).

Таблица 4.2: Изчислен обем между референтната повърхнина и втория цифров модел

Референтна повърхнина	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m^3)	Насипи (m^3)
Маркшайдерско заснемане ноември 2003г.	Маркшайдерско заснемане февруари 2013г.	35 214.200	101.490

Направена е и съпоставка между получената в резултат на преки геодезически измервания повърхнина и повърхнината от наземното лазерно сканиране.

Таблица 4.3: Изчислен обем между първия и втория цифров модел

Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m^3)	Насипи (m^3)
Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	2 343.638	1 119.061

5. МАРКОВА МОГИЛА - ЦЕНТЪР

5.1 МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ

Находището за строителни материали – варовици “Маркова могила - център” е разположено в землищата на с. Девенци и с. Чомаковци, общ. Червен бряг, обл. Плевен. Теренът представлява продълговат заоблен хребет, чийто склонове на север се спускат стръмно, а на юг полегат. Предметът на концесията е „концесия за добив на варовик“.

Развитието на минните работи е ограничено в контура на утвърдените геоложки запаси и заявената за концесия площ. Приблизителната площ на експлоатираната територия е 1 ha.

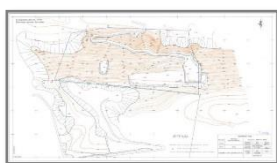
5.2 НАБАВЯНЕ НА ИЗХОДНИ ДАННИ

Концесията е предоставена на 04.01.2011 г., с решение N 2/11 г. – за предоставяне на концесия за добив на подземни богатства по чл.2, ал.1, т.5 от Закона за подземните богатства.

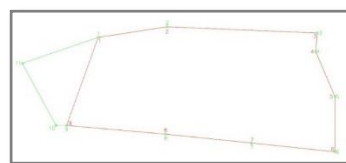
От Геофонда към Министерството на икономиката са предоставени 2 броя теренно-ситуационни плана на находището:

- теренно-ситуационен план на хартия, изработен септември 1982г., в мащаб 1:1000;
- теренно-ситуационен план на хартия, изработен февруари 2008г., в мащаб 1:1500;

След анализ на предоставените теренно ситуационни планове (от 1982 г. и 2008 г.) е установено, че за изходен може да се ползува този от 2008 г. (Фигура 5.1). Основното сечение на хоризонталите е през 1m.



Фигура 5.1: Теренно-ситуационен план в М 1:1500



Фигура 5.2: Схема с контурите на концесионната площ (означени със зелен цвят) и на запасите в находището (означено с червен цвят)

От националния концесионен регистър е извлечена информация за координатите, ограничаващи концесионната площ и координатите на находището на подземното богатство и акта за изключителна държавна собственост с No 1164/27.05.2010 г.

В случая, контурът на концесионната площ, контурът на находището и контурът на утвърдените геоложки запаси не съвпадат (Фигура 5.2).

В резултат от извършено полско проучване на територията на находището, е установено, че кариерата (Фигура 5.3) е действаща .

Развитието на минните работи е ограничено в югоизточната част от концесионната площ.



Фигура 5.3: Изглед на част от територията на находището

5.3 МАРКИРАНЕ НА ГРАНИЧНИТЕ ТОЧКИ НА КОНТУРА НА НАХОДИЩЕТО ВЪРХУ ТЕРЕНА

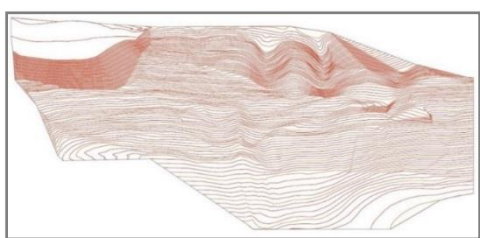
При проверка на граничните точки на концесионната площ (посредством трасиране с GNSS-приемници) се установява, че те не са трайно обозначени на място. Това налага те да бъдат маркирани.

5.4 АНАЛИЗ НА ОПОРНАТА МРЕЖА И РАБОТНАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА ОСНОВА

От Геофонда към Министерството на икономиката е предоставена информация за координатите и котите на една точка от работната геодезическа основа и една триангулационна точка ТТ21/LXIV/, намиращи се в района на находището. Предоставените координати и коти на точките са проверени, като са измерени с два GNSS приемника Topcon HIPER Pro в режим „реално време“. Постигнатата точност е около 15 mm по положение и 20 mm по височина, което позволи те да бъдат използвани като изходни за маркшайдерския замер.

5.5 БАЗИСНА (РЕФЕРЕНТНА) ПОВЪРХНИНА

Предоставеният от Министерството на икономиката теренно-ситуационен план с блокировка на запасите на находището от 2008 г. в М 1:1500 съдържа контур на концесионната площ и контур на находището на подземното богатство.

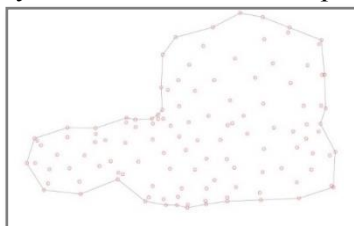


Фигура 5.4: План с изолинии на референтната повърхнина

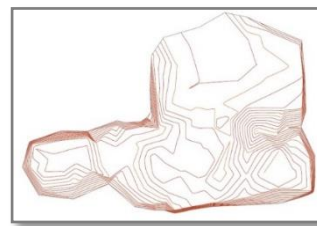
Картният материал е сканиран, векторизиран, георефериран и трансформиран посредством подходящо избран за целта софтуер. Впоследствие създаденият от хоризонтални и характерни точки, цифров модел на терена (Фигура 5.4) послужи за създаването на референтна повърхнина при изчисляване на обема на изнетата, в процеса на експлоатация, фракция от находището.

5.6 ПЪРВИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ПРЕКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ

Заснемането на находище „Маркова могила - център“ е извършено от екип, съставен от трима души, в рамките на 2 часа. Измерени са 121 подробни точки (Фигура 5.5), които описват характерни (структурни) линии от терена (вододели, водосливи), точки от релефа и от самото находище. На базата на получената повърхнина, след направеното геодезическо заснемане, е изработен план с изолинии, отразяващ актуалното състояние на кариерата (Фигура 5.6).



Фигура 5.5: Схема с подробните точки, заснети на характерни места



Фигура 5.6: План с изолинии на заснетата повърхнина

С помощта на получената повърхнина от GNSS-измерванията и получената референтна повърхнина, е изчислен обемът на изнетата през периода част от находището (Таблица 5.1).

Таблица 5.1: Изчислен обем между референтната повърхнина и първия цифров модел

Референтна повърхнина	Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркшайдерско заснемане февруари 2008г.	Маркшайдерско заснемане февруари 2013г.	126 108.615	0.015

5.7 ВТОРИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ НАЗЕМНО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ

Заснемането е извършено с помощта на наземен лазерен скенер Scan Station 2 на швейцарската фирма Leica от екип, включващ двама специалисти, за около 1 час. Използвани са 4 нетрайно стабилизиращи станции (ЛТ1 – ЛТ4), като за всяка станция са определени пространствените координати. Определени са и координатите на една марка, която служи за пространственото

ориентиране на сканираните участъци. Определянето на пространствените координати на станциите и марката е извършено чрез два GNSS приемника *Topcon Hiper Pro* в режим „реално време“, като за референтна точка е използвана РТ1. Предварително зададената гъстота на заснетите точки от теренната повърхнина е около 10 точки/м². Средната точност в пространственото положение на отделна точка е приблизително 4 mm.

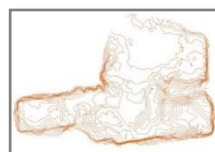
Заснети са 162 279 точки, които впоследствие, след експериментален анализ, са редуцирани до 35 598 точки, със средна гъстота 50x50 cm (*Фигура 5.7*). Окончателно избраната гъстота позволява получената повърхнина да бъде определена, в пространствено отношение, с точност от около 2 cm. Всички сканирани точки са геореферирани в предварително дефинирана локална координатна система за обекта, посредством предварително изградената мрежа от геодезически точки.

Обработката на измерванията със скенера е извършена с фирмения софтуер *CYCLONE*. С негова помощ сканираните данни са представени посредством комбинация от контури, линии на пречупване, повърхнинна мозайка и др.

На база на така получената теренна повърхнина, е изработена графична документация (план с изолинии), отразяваща актуалното състояние на минните изработки в кариерата (*Фигура 5.8*). Полученият модел на изработките и терена е експортиран във формат, съвместим с *AutoCAD*.



Фигура 5.7: Схема с подробните точки на характерни места



Фигура 5.8: План с изолинии на сканираната повърхнина

С помощта на създадената повърхнина чрез наземно лазерно сканиране и повърхнината, получена от картния материал, е изчислен обемът на находището (*Таблица 5.2*).

Таблица 5.2: Изчислен обем между референтната повърхнина и втория цифров модел

Референтна повърхнина	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркшайдерска снимка февруари 2008г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	128 580.970	11.373

Направена е и съпоставка между получената в резултат на преки геодезически измервания повърхнина и повърхнината от наземното лазерно сканиране (*Таблица 5.3*)

Таблица 5.3: Изчислен обем между първия и втория цифров модел

Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	2 349.401	2 935.370

6. ЦАРЕВЕЦ

6.1 МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ

Находището за природни богатства – варовици “Царевец” е разположено в землището на с. Царевец, общ. Мездра, обл. Враца. Находището се състои от два участъка – Царевец Централен и Царевец II. Предметът на концесията е “концесия с особено право на ползуване на подземни природни богатства – варовици”.



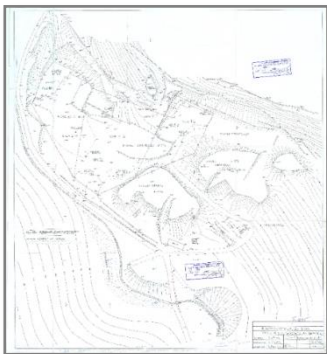
Фигура 6.1: Находище “Царевец”

Развитието на минните работи при „Царевец Централен“ е ограничено само в северозападната част на контура на утвърдените геоложки запаси и заявената концесионна площ, докато при „Царевец II“ е работено по цялата територия на концесионната площ, а в източната част - минните работи са частично извън нея.

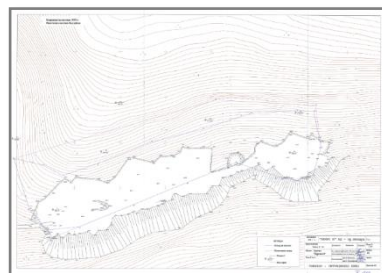
Приблизителната площ на експлоатираната територия е 9 ha.
Отредените терени за добивна дейност са изключителна държавна собственост.

6.2 НАБАВЯНЕ НА ИЗХОДНИ ДАННИ

От Геофонда към Министерството на икономиката са предоставени теренно - ситуационни планове на находището, като планът за участък "Царевец Централен" е актуален към юни 1998 г., а за участък "Царевец II" от находището - към декември 2001 г. Предоставените планове (Фигура 6.2 и 6.3) са на хартиени носители, в М 1:500.

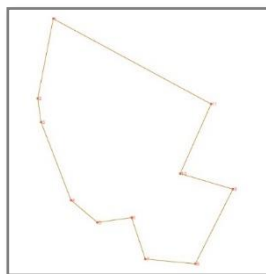


Фигура 6.2: Теренно-ситуационен план на находище „Царевец – централен“ в М 1:500

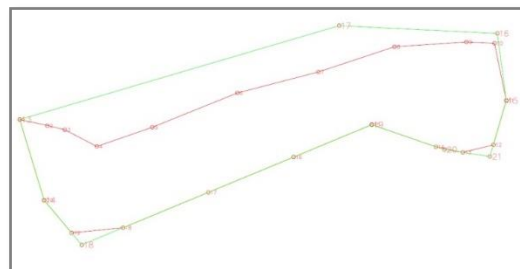


Фигура 6.3: Теренно-ситуационен план на находище „Царевец II“ в М 1:500

От Националния концесионен регистър е извлечена информация за координатите, ограничаващи контура на находището на подземното богатство, индивидуализирано с координатите на точки с номера от 1 до 11 за участък "Царевец Централен" и от 13 до 21 за участък "Царевец II" (Фигура 6.4 и 6.5) съгласно координатен регистър в Координатна система „1970г.“.



Фигура 6.4: Схема с контурите на концесионната площ и находището за участък „Царевец – централен“



Фигура 6.5: Схема с контурите на концесионната площ и находището за участък „Царевец II“

6.3 МАРКИРАНЕ НА ГРАНИЧНИТЕ ТОЧКИ НА КОНТУРА НА НАХОДИЩЕТО ВЪРХУ ТЕРЕНА

Граничните точки на концесионната площ, са маркирани с метални колове с височина 1 m над земната повърхност (Фигура 6.6). При проверка на част от тези точки (посредством трасиране с GNSS-приемници) се установи, че те са коректно поставени и физически запазени.

6.4 АНАЛИЗ НА ОПОРНАТА МРЕЖА И РАБОТНАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА ОСНОВА

За нуждите на маркшайдерския замер е използвана намиращата се в близост до обекта триангулационна точка 14/XI/.

6.5 БАЗИСНА (РЕФЕРЕНТНА) ПОВЪРХНИНА

Извършена е съпоставка на получените от Министерството на икономиката теренно-ситуационни планове с блокировка на запасите на находището:

❖ за участък „Царевец Централен“ – след анализ на предоставените ни теренно ситуационни планове (от 1982 г., 1998 г. и 2008 г.) се установи, че за изходен план може да се ползува плана от 1998 г. Планът от 1982 г. е в локална координатна и височинна система, като липсват общи елементи за трансформация. Освен това, част от концесионната площ е извън ситуацията, изобразена на чертежа. Избраният план е в добро състояние, в Координатна система "1970 г.", височинна система Балтийска, основно сечение на хоризонталите е през 1 m и това позволи да се постигне добра точност, при

формирането на изходната повърхнина и при изчисляване на добитата минна маса. Планът е сканиран, георефериран и векторизиран. Създадена е изходна повърхнина на терена в цифров вид, като са използвани хоризонталите и характерни точки.

❖ за участък „Царевец II” е използван теренно - ситуационен план от декември 2001 г. като планът е в добро състояние в Координатна система "1970 г." и височинна система Балтийска. Основното сечение на хоризонталите е през 1 m, като има подробни точки с коти описващи характерните теренни форми, което позволи да се постигне достатъчно добра точност при оцифряване и създаване на цифровия модел.



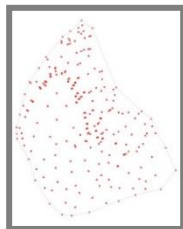
Фигура 6.6: План с изолинии на референтната повърхнина за участък „Царевец – централен“



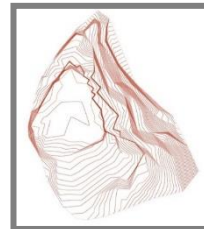
Фигура 6.7: План с изолинии на референтната повърхнина

6.6 ПЪРВИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ПРЕКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ

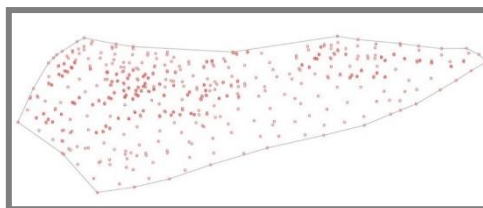
Заснемането на находище „Царевец” е извършено от екип, съставен от трима специалисти, в рамките на 10 часа. Измерени са 240 подробни точки за участък „Царевец – Централен“ (Фигура 6.8) и 515 подробни точки за участък „Царевец II” (Фигура 6.10). Заснетите точки описват характерни (структурни) линии от терена (вододели, водосливи), точки от релефа и от самото находище. На база на получените повърхнини, след направеното геодезическо заснемане, са изработени планове с изолинии, отразяващи актуалното състояние на кариерата (Фигура 6.9 и фигура 6.11).



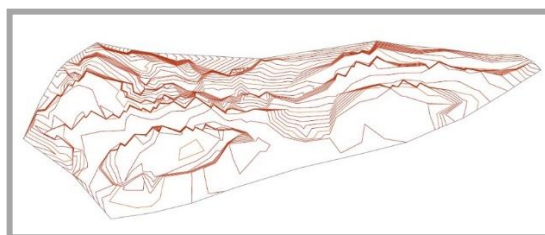
Фигура 6.8: Схема с подробните точки, заснети на характерни места на участък „Царевец-централен“



Фигура 6.9: План с изолинии на заснетата повърхнина на участък на „Царевец-централен“



Фигура 6.10: Схема с подробните точки, заснети на характерни места на участък „Царевец II”



Фигура 6.11: План с изолинии на заснетата повърхнина на участък „Царевец II”

С помощта на получената повърхнина от GNSS - измерванията и получената референтна повърхнина, е изчислен обемът на изнетата част от находището за участък „Царевец – централен“ и „Царевец II” (Таблица 6.1 и таблица 6.2).

Таблица 6.1: Изчислен обем между референтната повърхнина и първия цифров модел за участък „Царевец – централен“

Референтна повърхнина	Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Изкопи (m^3)	Насипи (m^3)
Маркшайдерска снимка юни 1998г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	717 126.423	1792.005

Таблица 6.2: Изчислен обем между референтната повърхнина и първия цифров модел за участък „Царевец II“

Референтна повърхнина	Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Изкопи (m^3)	Насипи (m^3)
Маркшайдерска снимка декември 2001г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	295 568.600	85692.500

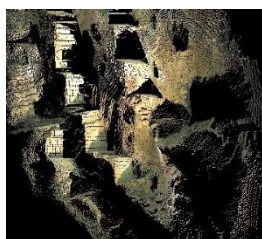
6.7 ВТОРИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ НАЗЕМНО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ

Заснемането е извършено с помощта на наземен лазерен скенер *Scan Station 2* на швейцарската фирма *Leica* от екип, включващ двама геодезисти, за около 4 часа. Използвани са 10 нетрайно стабилизирани станции (*ЛТ1 – ЛТ10*), като за всяка станция са определени пространствените координати. Определени са и координатите на една марка, която служи за пространственото ориентиране на сканираните участъци. Определянето на пространствените координати на станциите и марките е извършено чрез два GNSS приемника *Topcon Hiper Pro* в режим „реално време“, като за референтна точка е използвана ТТ 14/XI/. Предварително зададената гъстота на заснетите точки от теренната повърхнина е около 6 точки/ m^2 . Средната точност в пространственото положение на отделна точка е приблизително 4 mm.

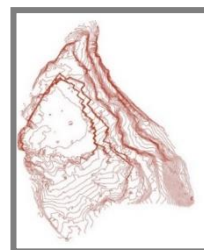
Заснети са 2 295 762 точки за участък „Царевец – централен“ и 3 469 765 точки за участък „Царевец II“, които впоследствие, след анализ, са редуцирани до 175 891 точки за участък „Царевец – централен“ и 210 198 точки за участък „Царевец II“, със средна гъстота 50x50 cm (*Фигура 6.12 и фигура 6.14*). Окончателно избраната гъстота позволи получената повърхнина да бъде определена, в пространствено отношение, с точност от около 2 cm. Всички сканирани точки са геореферирани в предварително дефинирана локална координатна система за обекта, посредством предварително изградената мрежа от геодезически точки.

Обработката на измерванията със скенера е извършена с фирмения софтуер *CYCLONE*. С негова помощ сканираните данни са представени посредством комбинация от контури, линии на пречупване, повърхнинна мозайка и др.

На база на така получените теренни повърхнини, са изработени планове с изолинии, отразяващи актуалното състояние на кариерата (*Фигура 6.13 и 6.15*). Получения модел на терена е експортиран във формат, съвместим с *AutoCAD*.



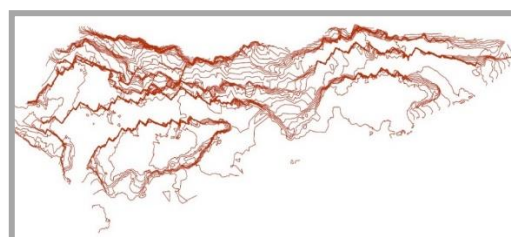
Фигура 6.12: Схема с подробните точки на участък „Царевец-централен“



Фигура 6.13: План с изолинии на заснетата повърхнина на участък „Царевец-централен“



Фигура 6.14: Схема с подробните точки на участък „Царевец II“



Фигура 6.15: План с изолинии на заснетата повърхнина на участък „Царевец II“

С помощта на получената повърхнина чрез наземно лазерно сканиране и повърхнината, получена от картния материал, е изчислен обемът на находището (Таблица 6.3).

Таблица 6.3: Изчислен обем между референтната повърхнина и втория цифров модел за участък „Царевец – централен“

Референтна повърхнина	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркшайдерска снимка юни 1998г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	709 748.727	11 179.020

Таблица 6.4: Изчислен обем между референтната повърхнина и втория цифров модел за участък „Царевец II“

Референтна повърхнина	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркшайдерска снимка декември 2001	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	295 409.900	74 029.600

Направена е и съпоставка между получената в резултат на преки геодезически измервания повърхнина и повърхнината от наземното лазерно сканиране (Таблица 6.5 за участък „Царевец – централен“ и Таблица 6.6 за участък „Царевец – централен“).

Таблица 6.5: Изчислен обем между първия и втория цифров модел на участък „Царевец – централен“

Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	19 424.349	15 376.227

Таблица 6.6: Изчислен обем между първия и втория цифров модел на участък „Царевец II“

Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	Маркшайдерска снимка февруари 2013г.	15 885.500	14 230.000

7. ДЕЛЯН

7.1 МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ

Находището за доломит „Делян“ е разположено западно и в непосредствена близост (на около 100 m) до с. Делян, област Кюстендил и северозападно от Верила планина.

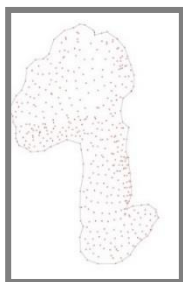
Районът на находището има среднопланински характер. Той се характеризира с не много сложен геоложки строеж. Приблизителната площ на експлоатираната територия е 10 ha.

7.2 АНАЛИЗ НА ОПОРНАТА МРЕЖА И РАБОТНАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА ОСНОВА

За привързване на сканирането към държавна координатна система е ползвана RT900 от мрежата за обслужване на находището. Предварително са стабилизирани трайно и измерени 9 полигонови точки (PT101 – PT109). Координатите (в координатна система 1970г.) и височините им (височинна система Балтийска) са определени с два GNSS приемника *Topcon Hiper Pro* в режим „реално време“. Постигнатата точност е около 15 mm в план и 20 mm по височина.

7.3 ПЪРВИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ПРЕКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ, ИЗВЪРШЕНИ ПРЕЗ 2012Г.

Заснемането на находище „Делян“ е извършено от екип, съставен от трима специалисти, в рамките на 7 часа. Измерени са 469 подробни точки (Фигура 7.1), които описват характерни (структурни) линии от терена (вододели, водосливи), точки от релефа и от самото находище. На базата на получената повърхнина, след направеното геодезическо заснемане, е изработен план с изолинии, отразяващ актуалното състояние на минните изработки в кариерата (Фигура 7.2).



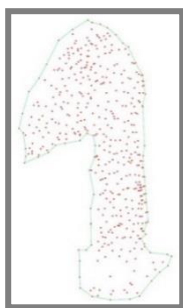
Фигура 7.1: Схема с подробните точки, заснети на характерни места



Фигура 7.2: План с изолинии на заснетата повърхнина

7.4 ВТОРИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ПРЕКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ, ИЗВЪРШЕНИ ПРЕЗ 2013Г.

Заснемането на находище „Делян” през 2013 г. също е извършено от екип, съставен от трима души, в рамките на 7 часа. Измерени са 462 подробни точки (Фигура 7.3), които описват структурните линии от терена (вододели, водосливи), точки от релефа и от самото находище. На базата на получената повърхнина, след направеното геодезическо заснемане, е изработен план с изолинии, отразяващ актуалното състояние на кариерата (Фигура 7.4).



Фигура 7.3: Схема с подробните точки, заснети на характерни места



Фигура 7.4: План с изолинии на заснетата повърхнина

7.5 АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ОБРАБОТКАТА НА ПРЕКИТЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ:

Направена е съпоставка между повърхнините, получени в резултат на преките геодезически измервания с помощта на GNSS - приемници от 2012 г. и 2013 г. Получените резултати са дадени в Таблица 7.1:

Таблица 7.1: Изчислен обем между повърхнините, получени в резултат на преките геодезически измервания от 2012г. и 2013г.

Първи цифров модел (GNSS – измервания)	Втори цифров модел (GNSS – измервания)	Изкопи (m^3)	Насипи (m^3)
Маркишайдерска снимка август 2012г.	Маркишайдерска снимка август 2013г.	266 418.400	55 078.800

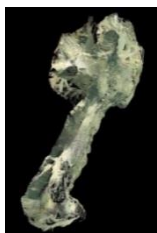
7.6 ТРЕТИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ НАЗЕМНО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ, ИЗВЪРШЕНО ПРЕЗ 2012Г.

За сканирането е използван лазерен скенер *Scan Station 2* на швейцарската фирма *Leica* за около 4 часа. Използвани са 16 нетрайно стабилизирани станции (*ЛТ201 – ЛТ216*). Координатите и височините на станциите са определени на база на предварително поставената мрежа от 9 точки. За референтна точка е използвана РТ107. Гъстотата на заснетите точки от повърхността на обектите е средно 10 - 15 cm, а средната точност в пространственото положение на отделна точка - 4 mm. По този начин са заснети около 1 193 735 точки.

След експериментален анализ, точките са редуцирани до 645 262 точки, със средна гъстота 40x40 cm (Фигура 7.5). Окончателно избраната гъстота позволи получената повърхнина да бъде определена, в пространствено отношение, с точност от около 2 cm.

Обработката на измерванията със скенера е извършена с фирмения софтуер *CYCLONE*. С негова помощ сканираните данни са представени посредством комбинация от контури, линии на пречупване, повърхнинна мозайка и др.

На база на така получената теренна повърхнина, е изработен план с изолинии, отразяващ актуалното състояние на кариерата (Фигура 7.6). Полученият модел на изработките и терена във вид на изолинии е експортиран във формат, съвместим с AutoCAD.



Фигура 7.5: Схема с подробните точки на характерни места



Фигура 7.6: План с изолинии на сканираната повърхнина

7.7 ЧЕТВЪРТИ ЦИФРОВ МОДЕЛ, СЪЗДАДЕН НА БАЗАТА НА ДАННИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ НАЗЕМНО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ

За сканирането е използван лазерен скенер *Scan Station 2* на швейцарската фирма *Leica* за около 3 часа. Използвани са 11 нетрайно стабилизирани станции (*ЛТ301 – ЛТ311*). Координатите и височините на станциите са определени на база на предварително поставената мрежа от 9 точки. За референтна точка е използвана РТ 107. Гъстотата на заснетите точки от повърхността на обектите е средно 10 - 15 cm, а средната точност в пространственото положение на отделна точка е 4 mm. По този начин са заснети около 1 048 576 точки.

След експериментален анализ, точките са редуцирани до 576 717 бр., със средна гъстота 40x40 cm (Фигура 7.7). Окончателно избраната гъстота позволи получената повърхнина да бъде определена, в пространствено отношение, с точност от около 2 cm.

Обработката на измерванията със скенера е извършена с фирмения софтуер *CYCLONE*. С негова помощ сканираните данни са представени посредством комбинация от контури, линии на пречупване, повърхнинна мозайка и др.

На база на така получената теренна повърхнина, е изработен план с изолинии, отразяващ актуалното състояние на кариерата (Фигура 7.8). Полученият модел на минните изработки и терена във вид на изолинии е експортиран във формат, съвместим с AutoCAD.



Фигура 7.7: Схема с подробните точки на характерни места



Фигура 7.8: План с изолинии на сканираната повърхнина

7.8 АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ОБРАБОТКАТА НА НАЗЕМНО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ:

Направена е съпоставка между повърхнините, получени в резултат на наземно лазерно сканиране от 2012г. и 2013г. Получените резултати са дадени в Таблица 7.2:

Таблица 7.2: Изчислен обем между повърхнините, получени в резултат на наземно лазерно сканиране от 2012 г. и 2013 г.

Първи цифров модел (TLS – измервания)	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркшайдерска снимка август 2012г.	Маркшайдерска снимка август 2013г.	244 977.400	17 566.000

7.9 АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ ОБРАБОТКАТА НА ПРЕКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ И НАЗЕМНО ЛАЗЕРНО СКАНИРАНЕ:

Направена е и съпоставка между получените през 2012г. в резултат на преки геодезически измервания повърхнина и повърхнината от наземното лазерно сканиране. Получените резултати са дадени в Таблица 7.3:

Таблица 7.3: Изчислен обем между получените през 2012 г. в резултат на преки геодезически измервания повърхнина и повърхнината от наземното лазерно сканиране

Първи цифров модел (GNSS- измервания)	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркишайдерска снимка август 2012г.	Маркишайдерска снимка август 2012г.	47 921.700	29 417.700

Направена е и съпоставка между получените през 2013 г. в резултат на преки геодезически измервания повърхнина и повърхнината от наземното лазерно сканиране. Получените резултати са дадени в Таблица 7.4:

Таблица 7.4: Изчислен обем между получените през 2013г. в резултат на преки геодезически измервания повърхнина и повърхнината от наземното лазерно сканиране

Първи цифров модел (GNSS- измервания)	Втори цифров модел (TLS – измервания)	Изкопи (m ³)	Насипи (m ³)
Маркишайдерска снимка август 2013г.	Маркишайдерска снимка август 2013г.	65 155.200	33 172.600

8. АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Получените, по двата метода, крайни продукти са предпоставка да бъде направен сравнителен анализ на получените резултати. Както вече бе описано в практическата част, извършени са комбинирани измервания на 6 кариери – „Антимово II“, „Дионисо“, „Ерден II“, „Маркова могила“, „Царевец“ (с два участъка – „Царевец-централен“ и „Царевец II“ и „Делян“. Теренните модели са получени по два различни метода – чрез GNSS-измервания и чрез наземно лазерно сканиране. Те отговарят на актуалното състояние на кариерите към датата на заснемане. Двата вида заснемане са извършени при едни и същи атмосферни условия и различни екипи от специалисти.

Обемите на 5 („Антимово II“, „Дионисо“, „Ерден II“, „Маркова могила“, „Царевец“) от находищата са изчислени посредством три повърхнини. Едната от тях, получена от сканиран картен материал, съдържащ данни за теренната повърхнина преди започването на експлоатация на кариерата. Тази повърхнина, е използвана за референтна при изчисляването на обема на земните маси по двата метода – с наземно лазерно сканиране и чрез GNSS - измервания на територията на находището.

За кариера Делян са създадени 4 повърхнини:

- чрез GNSS – измервания през 2012 г. и 2013 г.
- чрез наземно лазерно сканиране през 2012 г. и 2013 г.

Несравнимо по-голямата гъстота на пространствено дефинирани дискретни точки, която осигурява метода на наземното лазерно сканиране, е безспорна предпоставка за формиране на една достатъчно прецизна теренна повърхнина. Това, от своя страна, предопределя очевидните технологични предимства на този сравнително нов метод.

☞ В Таблица 8.1 е направено е сравнение на ресурсната обезпеченост и ефективност на методите на заснемане посредством GNSS – технология и наземно лазерно сканиране.

Таблица 8.1: Сравнение на ресурсната обезпеченост и ефективността на методите на заснемане посредством GNSS и наземно лазерно сканиране

	експлоатирана площ m ²	GNSS измервания				TLS измервания			
		брой станции	брой точки	време на измерване h	брой специалисти	брой станции	брой точки	време на измерване h	брой специалист и
Антимово	119 399.040	4	185	3	3	4	2 577 118	2	2
Дионисо	31 707.585	6	230	3	3	6	1 652 327	2	2
Ерден	37 086.295	7	409	6	3	7	2 615 927	2	2
Маркова могила	9 036.905	5	121	2	3	5	162 279	1	2
Царевец - централен	37 314.260	5	240	3	3	5	2 295 762	2	2
Царевец II	45 063.130	6	515	7	3	6	3 469 765	2	2
Делян	експлоатирана площ m ²	GNSS измервания				TLS измервания			
		брой станции	брой точки	време на измерване h	брой специалист и	брой станции	брой точки	време на измерване h	брой специалист и
измервания през 2012	101 398.310	16	469	7	3	16	1 193 735	4	2
измервания през 2013	92 630.350	11	462	7	3	11	1 048 576	3	2

Данните в таблицата позволяват да се направят следните констатации:

- Броят на заснетите подробни точки при използване на технологията TLS е с пъти по-голям от броя на заснетите подробни точки с GNSS - технологията. Това позволява значително по-детайлно и точно да се моделира съответната повърхнината

- Въпреки големия брой подробни точки, заснемането с лазерен скенер е направено с помощта на екип от 2-ма геодезисти, докато при избора на GNSS – технологията са били необходими 3-ма.

- Времето за измерване при наземното лазерно сканиране (TLS) е намалено значително, което по недвусмислен начин показва предимството на метода.

☞ В таблица 8.2 са обобщени резултатите от всички предходни таблици като акцентът е поставен върху финансовото изражение на констатираните разлики.

Таблица 8.2

		приблизителна цена	изчислен обем чрез GNSS измервания	изчислен обем чрез TLS измервания	Цена на изчислен обем чрез GNSS измервания	Цена на изчислен обем чрез TLS измервания	РАЗЛИКА В ЦЕНАТА
		/лева/	m ³	m ³	/лева/	/лева/	/лева/
Антимово	строителни материали (заглинени пясъци)	7.00	377 120.408	374 562.075	2 639 842.86	2 621 934.53	17 908.33
Дюнисо	варовици	28.00	151 665.163	156 381.610	4 246 624.56	4 378 685.08	-132 060.52
Ерден	пясък и чакъл (речна баластра)	7.00	33 151.740	35 112.710	232 062.18	245 788.97	-13 726.79
Маркова могила	варовици	7.50	126 108.600	128 569.597	945 814.50	964 271.98	-18 457.48
Царевец - централен	варовици	7.50	715 334.418	698 569.707	5 365 008.14	5 239 272.80	125 735.33
Царевец II	варовици	28.00	209 876.100	221 380.300	5 876 530.80	6 198 648.40	-322 117.60
Делян	доломит	7.50	211 339.600	227 411.400	1 585 047.00	1 705 585.50	-120 538.50

Като обобщение на направения анализ, може да се подчертае, че:

- Технологията TLS е сравнително нов метод за измерване, който гарантира бързо, точно и ефективно заснемане на терена и прецизно определяне на обеми.
- Възможността за дистанционно измерване елиминира необходимостта от работа в т.нар. „опасни“ зони.
- Използването на технологията дава възможност за дефиниране и изпълнение на ефективна програма за мониторинг при експлоатация на кариери.
- Сравнението, по отношение на необходимия брой специалисти и времето за реализация на геодезическите измервания, е изцяло в полза на TLS технологията.

9. ПРИЛОЖЕНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЯТА НА 3D ЛАЗЕРНОТО СКАНИРАНЕ ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТРУКТУРНАТА НАРУШЕНОСТ НА СКАЛНИ МАСИВИ

Анализът на напукаността е важен етап в процеса на характеризиране на един скален масив, тъй като така се определя до голяма степен неговото механично поведение. Това е и основната причина повечето минни инженери, които се занимават с анализ на скални масиви, да изискват максимално детайлно и достоверно изследване на пукнатините в масива.

Свойства, като посока и ъгъл на западане на пукнатините, грапавост и средни разстояния между отделните пукнатини, са важни за изследване на структурната нарушеност на масива. На тези характерни свойства на скалната маса могат да бъдат присвоени метрични характеристики, като се използват различни стандартни методи за измерване и графично представяне.

Технологията, базирана на 3D лазерно сканиране позволява да бъдат детайлно заснети скални повърхности, достъпът до които е ограничен. Същото може да се каже и за наклонени скали и насипи по магистрали, железопътни линии или в открити рудници, където условията създават опасности при работата. Освен това, лазерното сканиране в неговите разновидности създава предпоставки за един бърз и точен анализ на системата от пукнатини в скалния масив. Най-важното предимство на този метод е, че чрез неговото прилагане може да се постигне много висока плътност на изображението чрез вариране с разделителната способност, която може да бъде променяна в интервала от 3 mm до 1 cm, в зависимост от характерните особености и размера на обекта. Следователно, може да бъде създаден реалистичен 3D-модел на изследвания обект, отличаващ се с много висока резолюция и точност. Това, от своя страна, би позволило, като се използват различни интерполационни техники, да бъде направена една точна реконструкция на оригиналната скална повърхност под формата на 3D интерполирана и загладена повърхнина. Чрез геометричен анализ на тази 3D повърхнина би било възможно да се наблюдават различните групи /кълстери/ от пукнатини в скалната маса. С помощта на подходящи алгоритми за кълстеризиране обособените групи пукнатини биха могли да бъдат очертани автоматично и да бъдат изчислени средните ориентации на тези идентифицирани групи. Чрез един детайлен 3D модел биха могли да се изчислят много точно и разстоянията между отделните пукнатини.

Освен това, посредством лазерното сканиране, би могло да се наблюдават обекти на разстояние от няколко стотин метра, в случай на наличие на подходящи условия за това. В повечето реални ситуации обаче, разстояния до наблюдавания обект са от порядъка на 50-100 метра. Понастоящем, едно пълно сканиране, с обхват 360° и резолюция 5mm, може да бъде реализирано за по-малко от 4 минути. В зависимост от вида на скенера, разделителната способност и размера на обекта, скоростта на сканиране може да варира от няколко минути до половин час.

Само въз основа на облака от точки обаче не е възможно да се извлече пълноценна информация за обекта. Данните от облака от точки могат и трябва да се визуализират, което би дало на потребителя една много добра визуална представа за сканирания обект. Най-сетне, за да се анализира достатъчно детайлно повърхността на изследвания обект, данните от облака от точки трябва да бъдат реконструирани като 3D модел на повърхността.

Лазерното сканиране би могло да подпомогне и други аспекти на геотехническия проект. Например да се осъществи едно точното проучване на геометрията на наклона, което, от своя страна, може да се интегрира с проучването на други геометрични елементи, като дренажни канали, пътна повърхност, като всичко това бъде реализирано в среда на подходящо подбрана CAD или GIS система.

Данните от лазерното сканиране биха могли да създадат предпоставки да бъдат извлечени характеристиките на грапавост на всяка скална повърхнина. Степента на грапавост е ясно различима в 3D моделите на скалната повърхнина. Тъй като различните групи пукнатини биха могли да бъдат ясно разпознати, класифицирани и отделени, би било възможно повърхностите на тези пукнатини да бъдат подложени на един детайлен статистически анализ.

Интензитета на отразения лазерен лъч, също би могъл да се използва при определянето на грапавостта на скалната повърхност. Колкото по-груба е тази повърхност, толкова по-дифузно ще се отразява лазерният лъч. Връзката между грапавостта и интензитета на лъча обаче би могла да бъде твърде сложна, тъй като параметри като ъгъл на наклона, влагата и минералогията на изследвания масив също ще влияят върху нивото на интензитета.

Като едно своеобразно обобщение на казаното би било твърдението, че технологията на 3D лазерното сканиране създава нови, недостижими за конвенционалните методи, възможности за едно комплексно, детайлно изследване на структурната нарушеност на скалните масиви. Предпоставките, които създава компетентното прилагане на лазерната технология, откриват пред изследователите възможности за едни по-мощни и задълбочени проучвания.

За обект на експеримента е избрана част от скален масив, който има добре развити, ясно открояващи се, пукнатини. Този скален склон е сканиран с помощта на наземен лазерен скенер *Scan Station 2* на швейцарската фирма *Leica*. Местоположението на склона е на територията на Република Македония.

Регистрираните, в резултат от сканирането, данни са обработени и анализирани.

Заснети са 1 474 143 точки, със средна гъстота 2mm x 2mm, които впоследствие, след експериментален анализ, са редуцирани последователно до 241 460 точки, със средна гъстота 5mm x 5mm и 64 517 точки, със средна гъстота 10mm x 10mm.

Окончателно избраната гъстота позволява подробните точки от така получената повърхнина да бъдат определени в пространствено отношение с точност от порядъка на 2 cm. Всички сканирани точки са геореферирани в предварително дефинирана локална координатна система за обекта, посредством предварително изградена, измерена и обработена мрежа от геодезически точки.

Обработката на сканираното изображение е извършена с фирмения софтуер 3D Reshaper. С негова помощ сканираните данни са представени посредством комбинация от контури, линии на пречупване, повърхнинна мозайка и др.

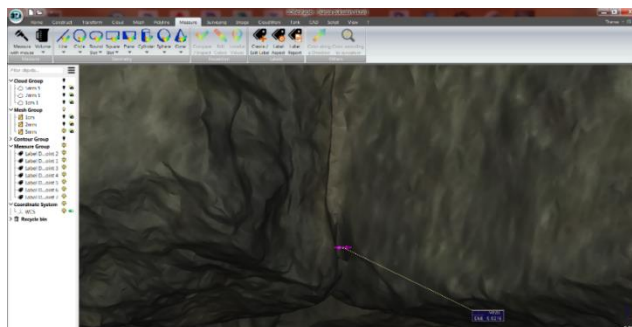
Направен е следния експеримент: измерени са ширините на различните пукнатини с ролетка и в цифровия модел.



Фигура 9.1:
Локализиране на
пукнатина 1



Фигура 9.2:
Измерване на
ширината на
пукнатина 1 с
ролетка (измерена
ширина е 3cm)



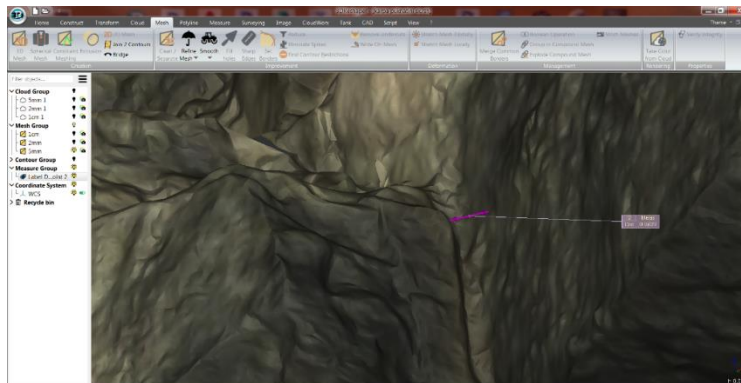
Фигура 9.3: Определяне на ширината на
пукнатина 1, от цифровия модел, получен чрез
данните от лазерното сканиране (Определената
ширина от цифровия модел: 3.1cm)



Фигура 9.4:
Локализиране на
пукнатина 2



Фигура 9.5:
Измерване на
ширината
на пукнатина 2 с
ролетка (измерена
ширина е 6cm)



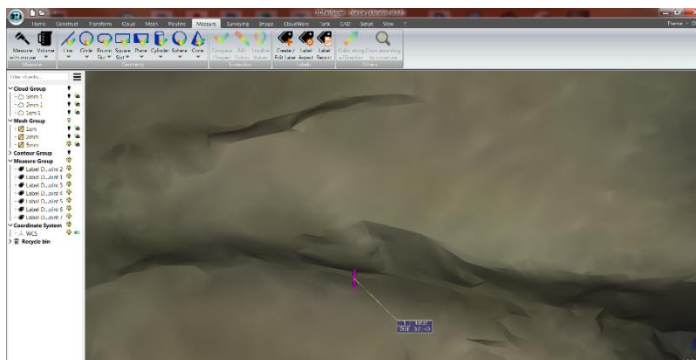
Фигура 9.6: Определяне на ширината на пукнатина 2, от цифровия модел, получен чрез данните от лазерното сканиране (Определената ширина от цифровия модел: 6.2cm)



Фигура 9.7:
Локализиране на
пукнатина 3



Фигура 9.8:
Измерване на
ширината на
пукнатина 3 с
ролетка (измерена
ширина е 1cm)



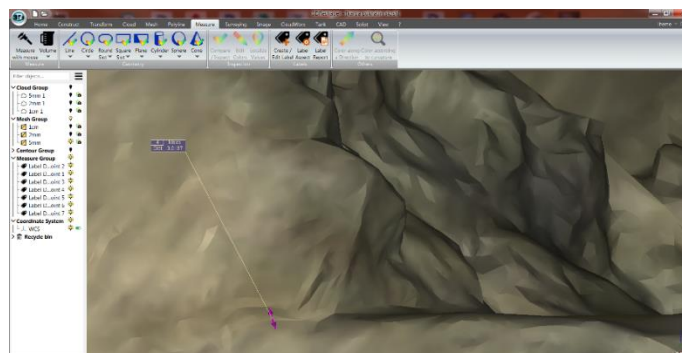
Фигура 9.9: Определяне на ширината на пукнатина 3, от цифровия модел, получен чрез данните от лазерното сканиране (Определената ширина от цифровия модел: 1.5 cm)



Фигура 9.10:
Локализиране на
пукнатина 4



Фигура 9.11:
Измерване на
ширината на
пукнатина 4 с
ролетка (измерена
ширина е 1cm)



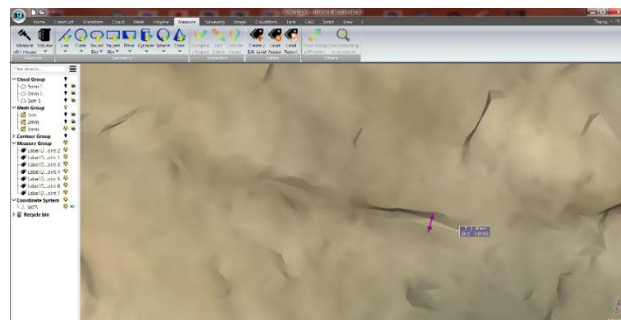
Фигура 9.12: Определяне на ширината на пукнатина 4, от цифровия модел, получен чрез данните от лазерното сканиране (Определената ширина от цифровия модел: 1.4 cm)



Фигура 9.13:
Локализиране на
пукнатина 5



Фигура 9.14:
Измерване на
ширината на
пукнатина 5 с
ролетка (измерена
ширина е 1cm)



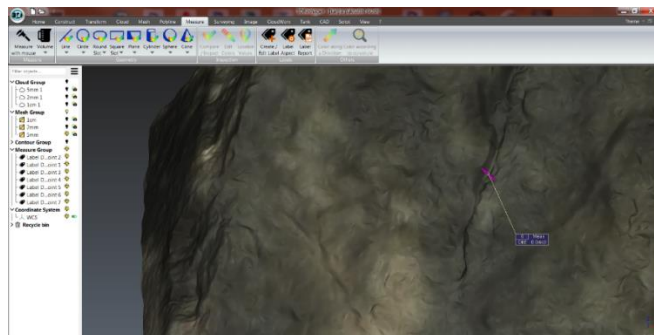
Фигура 9.15: Определяне на ширината на
пукнатина 5, от цифровия модел, получен чрез
данните от лазерното сканиране (Определената
ширина от цифровия модел: 1.4 cm)



Фигура 9.16:
Локализиране на
пукнатина 6

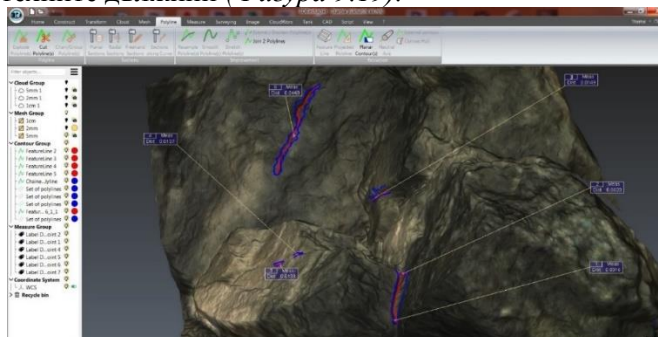


Фигура 9.17:
Измерване на
ширината на
пукнатина 6 с
ролетка (измерена
ширина е 4cm)



Фигура 9.18: Определяне на ширината на
пукнатина 6, от цифровия модел, получен чрез
данните от лазерното сканиране (Определената
ширина от цифровия модел: 4.4 cm)

На базата на формирания цифров модел, със син цвят, са очертани площите на изследваните пукнатини, а с червен цвят техните дължини (Фигура 9.19).



Фигура 9.19

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидно технологията „наземно лазерно сканиране“ създава несравнимо по-големи възможности за дефиниране и изпълнение на ефективна програма за мониторинг при експлоатация на кариери. Изчисленият, посредством тази технология, обем на скалните маси е с много висока точност и детайлност. Технологията позволява заснемането на трудно достъпни места за изключително кратко време, в сравнение с класическите методи. Прилагането на наземното лазерно сканиране за контрол при експлоатацията на каменни кариери и открити рудници е сериозна предпоставка за максимално снижаване на загубите, обусловени от неточното отчитане на добитата скална маса. Тази

сравнително нова, за нашата действителност, технология е едно предизвикателство и към действащата понастоящем у нас нормативна база за контрол на добитите обеми при експлоатацията на кариери и рудници. Очевидно, новите технологии биха могли да бъдат един сериозен аргумент и катализатор в това отношение.

Технологията придава нови количествени и качествени измерения и на изследванията на структурната нарушеност на скалните масиви. На базата на един изключително детайлен 3D модел, дори на трудно достъпни участъци от скалния масив, става възможна една реалистична клъстеризация на пукнатините, създаваща адекватни предпоставки за определяне на площния коефициент на напуканост на масива. Нещо повече, данните от наземното лазерно сканиране са неоспорим източник на информация за грапавостта на скалната повърхност.

Очевидно, спектърът на приложение на технологията TLS (LiDAR) е изключително богат. Съществува мнението, че обхватът на този спектър зависи единствено от фантазията на онези, които прилагат на практика технологията. На този етап не съществуват сериозни аргументи да се счита, че едно подобно мнение е пресилено. Нещо повече – взаимната обусловеност и съпоставимост между множество елементи на човешката среда са само допълнителна предпоставка да се счита, че на наземното лазерно сканиране трябва да се гледа като на технология с привилегировано настояще и гарантирано бъдеще.

ПРЕТЕНЦИИ ЗА ПРИНОСИ

1. Изведени са аналитични зависимости, характеризиращи геометричните аспекти на TLS – технологията. Геометричната точност е съобразена с метода (импулсен или фазов) за определяне на разстояние до конкретна точка посредством лазерната сканираща система.

2. В резултат на подробен анализ са открити най-благоприятните условия за сканиране на даден обект (или на част от него), в зависимост от неговите геометрични и физически особености, неговото позициониране спрямо сканиращото устройство, от интензитета на лазерния лъч и предварително зададената резолюция на сканиране.

3. По експериментален път са доказани технологиите предимства на TLS – технологията пред останалите начини за изчисляване обеми на иззета скална маса, в процеса на експлоатация на открити кариери и находища на полезни изкопаеми. Акцентирано е върху икономическия ефект, обусловен от прилагането на технологията.

4. По експериментален път е доказана ефективността на наземното лазерно сканиране при изследване на структурната нарушеност (посока и ъгъл на западане на пукнатините) и изследване на площния коефициент на напуканост на скалния масив.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Staiger, R. /2003/, Terrestrial Laser Scanning Technology, Systems and Applications, 2nd FIG Regional Conference Marrakech, Morocco
2. Soudarissanane, S., “The geometry of Terrestrial Laser Scanning”, (2016)
3. Ямбаев Х.К, /2011/, Геодезическое инструментоведение

ПУБЛИКАЦИИ

1. Господинов, С., Вълканов, Н., **Щерева, К.** / 2014г./ Наземното лазерно сканиране – една нова реалност при експлоатацията на каменни кариери / Четвърта национална научно-техническа конференция с международно участие 2014г. (Девин, България)
2. Господинов, С., Постоловски, А., **Щерева, К.**, /2013/ Анализ състояния деформирования нефтяных резервуаров с помощью наземного лазерного сканирования / Международный научно-образовательный форум Бургас 2013 (Святой Влас, Болгария)
3. Господинов, С., Постоловски, А., **Щерева, К.**, /2013/ Технологии наземного лазерного сканирования – новые горизонты в области строительства и архитектуры / Международный научно-образовательный форум Бургас 2013 (Святой Влас, Болгария)
4. **Щерева, К.**, /2014/ Проектен и експлоатационен контрол на строителни и архитектурни обекти посредством наземно лазерно сканиране / Първа научно-приложна конференция с международно участие „Управление на проекти в строителството“ (УПС), УАСГ 2014 (София, България)
5. **Щерева, К.**, /2012/ 3D картографиране на туристически обект /Международна юбилейна научно-приложна конференция УАСГ 2012 (София, България)
6. Gospodinov, S., Postolovsky, A., **Stereва, К.**, /2013/, Anwendung der “Terrestrial Laser Scanning” – technologie im bereich des bauwesens und der architektur BAU – SYMPOSIUM 2013 Bauwirtschaft und Immobilienmanagement im Trend der Zeit (Linz, Austria)
7. **Stereва, К.**, Postolovski, A., Gospodinov, S., Sobieski, A. /2013/ Monitoring of the extraction in stone-pits by Terrestrial Laser Scanning / 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2013 (Albena, Bulgaria)