ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ СОФИЯ

Том Volume 56 2023 Брой Issue 2

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY SOFIA

Получена: 30.12.2022 г.
Приета: 24.04.2023 г.

МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНО РЕШЕНИЕ ЗА ОБНОВЯВАНЕ НА УСБ „ВЕРИНСКО“, КЪМ УАСГ ЧАСТ „ГЕОДЕЗИЯ“

Р. Николов[1], А. Иванова[2], К. Славчева[3], К. Колев[4], Й. Иванова[5], С. Юсеинов[6], З. Ченкова[7], В. Шопова[8]

Ключови думи: *геодезия, наземно лазерно сканиране, безпилотни летателни системи, класическа геодезия, тотална станция, мултидисциплинарен проект*

РЕЗЮМЕ

Текущата разработка има за цел да представи дейностите по част Геодезия, към проекта „Мултидисциплинарно решение за обновяване на УСБ „Веринско“, към УАСГ“. Извършени са няколко заснемания с различна геодезическа техника, включващи: класическа снимка по полярен метод, за създаване на цифрови модели на терена и ситуацията на базата, заснемане на част от сградния фонд чрез наземен лазерен скенер и

[1] Радослав Николов, ас. инж., кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: rnikolov.fgs@uacg.bg
[2] Андреа Иванова, студентка спец. Геодезия, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: andrea.ivanova2807@gmail.com
[3] Катрин Славчева, студентка спец. Геодезия, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: katrin.n.slavcheva@gmail.com
[4] Кристиян Колев, студент спец. Геодезия, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: jibwish15@gmail.com
[5] Йоана Иванова, студентка спец. Геодезия, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: yoana_i@yahoo.com
[6] Синан Юсеинов, студент спец. Геодезия, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: sinan.yuseinov13@gmail.com
[7] Зейнеб Ченкова, студентка спец. Геодезия, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: zenkataaaaa@abv.bg
[8] Валя Шопова, студентка спец. Геодезия, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: shopova_v5@abv.bg

сканираща тотална станция, използване на безпилотна летателна система за допълване на цифровите модели, както и заснемане с глобални навигационни спътникови системи. Направени са сравнения и анализи за точността и приложението на различните технологии.

1. Въведение

Университетът по архитектура, строителство и геодезия (УАСГ) разполага с две учебно-спортни бази, разположени в близост до с. Веринско, общ. Ихтиман и в к.к. Семково, общ. Белица. Те се използват за провеждане на практически обучения от Геодезически факултет към УАСГ, през летните месеци и спортни занимания – през зимните.

Целта на „Мултидисциплинарния проект за реконструкция на УСБ „Веринско“ е студенти от различните специалности в УАСГ да създадат пълна проектна документация за ремонт и обновяване на сградите и инфраструктурата. За осъществяването ѝ по време на работния процес се организират множество срещи между работните групи, на които младите специалисти обсъждат разработките си и работят в реалистични условия. Всички проекти се осъществяват под ръководството на преподаватели от университета.

Базата се намира на около 3 km западно от село Веринско, в близост до язовир „Бакър дере“, общ. Ихтиман, обл. София, на около 40 km от гр. София и 750 m надморска височина.

В имота са разположени няколко сгради, които основно могат да се разделят на: масивна, двуетажна столова, един масивен хангар и единадесет дървени бунгала, изградени върху бетонни фундаменти.

До мястото се стига по асфалтов път, който е в сравнително добро състояние, като преди самия вход се преминава през короната на язовирната стена. В двора на базата са разположени един бетонов път (продължение на асфалтовия) и няколко алеи, с покритие от плочи.

Електрозахранването се осъществява чрез една метална ферма, разположена в североизточната част на имота.

Базата е водоснабдена от централен водопровод, минаващ по короната на язовирната стена, а след това подземно, до всяко бунгало. Разполага и със стара канализационна система.

Растителната покривка се състои основно от тревни площи, като около сградите са разположени иглолистни и широколистни дървета. В близост до входа на базата, северно от бетоновия път, са разположени лозови насаждения, а на юг от него – овощна градина. Голяма част от имота (основно северната) се използва за отглеждане на житни култури.

Към настоящия период УСБ „Веринско“ не се използва поради влошеното си състояние. До 2019 г. е била обитавана основно през летните месеци, когато се провеждат практически обучения към Геодезически факултет на УАСГ.

За реализирането на проекта са извършени няколко различни вида заснемане, описани в т. 2.

2. Методи и инструменти

За да бъде изпълнена реконструкцията на сградите в УСБ „Веринско“, са създадени цифрови модели на терена и на сградите, като за едно от бунгалата и столовата моделите включват и пълно интериорно заснемане. Целта им е да се създаде високоточна основа за

изготвяне на проектната документация. За създаване на моделите са използвани следните геодезически методи:

- класическа снимка, по полярен метод, която служи за създаване на цифров модел на терена и ситуацията;
- кинематични определения с глобални навигационни спътникови системи (ГНСС) за определяне на координатите на трасето на водопровода на базата, както и координатите на наземните, контролни точки, използвани при обработката на заснемането с безпилотна летателна система (БЛС);
- наземно лазерно сканиране (НЛС) с лазерен скенер за получаване на цялостен модел на бунгало № 8 и столовата и с роботизирана тотална станция, за получаване на реалистичен, цифров модел на сградите и околосградното пространство;
- заснемане с БЛС, за допълване на цифровите модели на релефа и ситуацията, чрез получаване на тримерен модел на покривите.

За изпълнение на геодезическите дейности са използвани инструментите, представени в табл. 1, а за обработката им – софтуерите от табл. 2.

Таблица 1. Геодезически дейности и инструменти, използвани в проекта

Списък на геодезическите дейности и инструменти				
№	**Използвана технология за събиране на пространствени данни**	**Наименование на съответното оборудване**	**Технически характеристики**	**Основание за ползване на оборудването**
1	Класическо заснемане по полярен метод с тотални станции	1 бр. тотална станция Topcon 5"		Геодезическа снимка, координиране на марки
		2 бр. тотални станции Leica 7"		
		3 бр. триноги		
		6 бр. щокове с отражателни призми		
		6 бр. щипки		
		3 бр. ролетки		
2	GNSS измервания	1 бр. Геодезически GNSS приемник Satlab SL800		Заснемане на трасето на водопровода и определяне на координати на марките за БЛС
3	Наземно лазерно сканиране	1 бр. лазерен скенер Trimble TX6	Точност на сканиране < 2 mm до повечето повърхности	Създаване на облак от точки на сградния фонд
		1 бр. Сканираща тотална станция Trimble SX10	Точност на сканиране 2,5 mm до повечето повърхности	
4	Въздушно фотограметрично заснемане с БЛС	1 бр. БЛС DJI Phantom 4 Pro		Създаване на облак от точки на покривите

Таблица 2. Софтуерни продукти, използвани в проекта

Софтуерни продукти		
1	Tplan	Изравнение на мрежата от РГО и обработка на геодезическата снимка
2	AutoCAD Civil 3D	За създаване на цифров модел на ситуацията и на терена, за създаване на вертикална планировка
3	Trimble Realworks	Обработка на облаци от точки
4	Agisoft	Обработка на данните от фотограметрично заснемане с БЛА
5	БГС Транс	Трансформация на координати

В следващите точки ще бъде направено по-подробно описание на резултатите от извършените заснемания.

3. Класическо, геодезическо заснемане, по полярен метод

Заснемането с тотална станция, по полярен метод, е геодезически метод за определяне на проекционните координати и височини на характерни точки от земната повърхност, съответно чрез полярни координати и тригонометрична нивелация [1]. Резултатът от заснемането е обединен, цифров модел на ситуация и терен, който да се използва при проектирането на новите сгради и околосградни пространства [2].

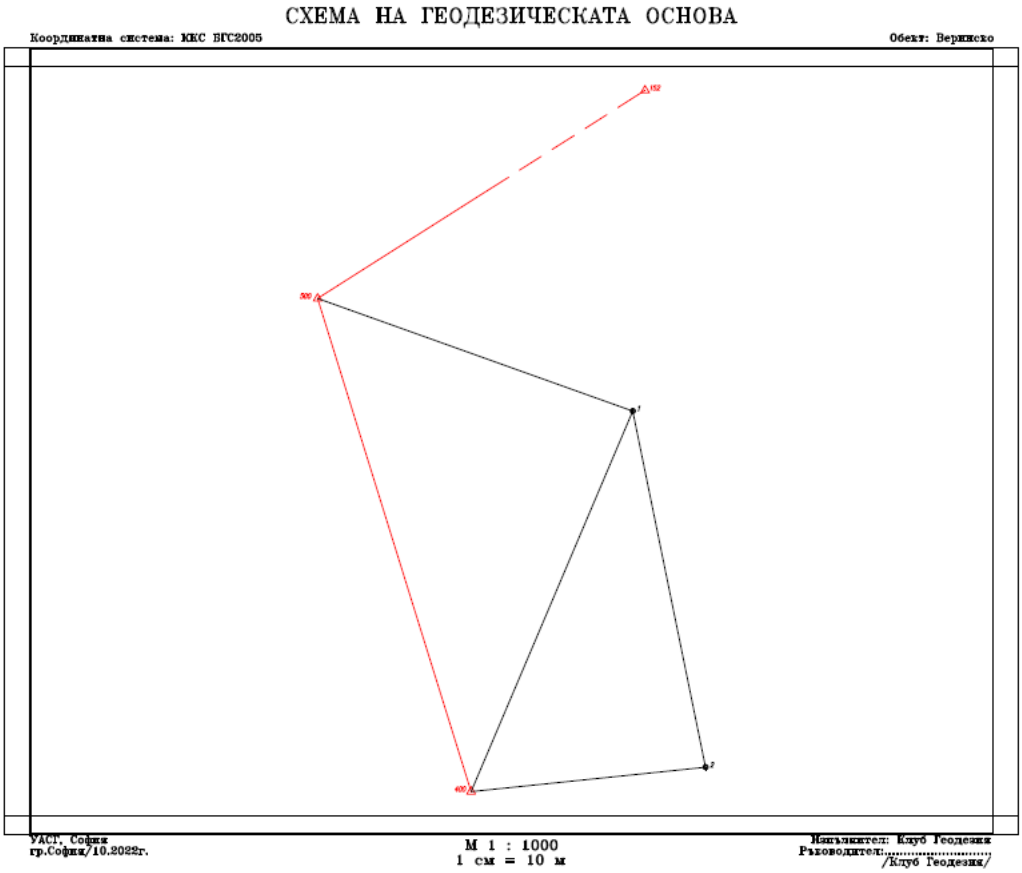
За реализацията на текущия проект са съставени три екипа, които извършват полските измервания и обработката им в рамките на четири дни, на място в УСБ „Веринско“.

Тъй като в границите на имота са разположени няколко триангулачни точки, те са използвани като основни при изграждането на работна геодезическа основа (РГО). Създадени са още две нови точки, за постигане на максимална ефективност на мрежата. За стабилизирането им са използвани дървени колчета, съобразено с продължителността на работния процес.

Планово и височинно новите точки са определени чрез класически, ъглово-линейни измервания, с тотални станции. Резултатите са обработени и изравнени с програмата ТПлан [3], като най-лошо определената точка по положение и височина е РТ2. От стойностите за средните квадратни грешки (СКГ), показани в табл. 3, е видно, че резултатите са добри и са в допустимите норми за РГО, според Наредба № 02-20-5 ОТ 15 декември 2016 г. за съдържанието, създаването и поддържането на кадастралната карта и кадастралните регистри, към ЗКИР [4]. При обработката са използвани Кадастрална координатна система 2005 г. и Балтийска височинна система.

На фиг. 1 е представена схема на геодезическата основа за обекта, а в табл. 4 – координатен регистър.

Всички измервания на подробни точки са обработени отново с програмата ТПлан, като за заснемането на целия обект са използвани допълнително 6 латови точки, като най-неточно определената точка по положение е със средна квадратна грешка 6,2 mm, а по височина – 10,5 mm.



Фиг. 1. Схема на геодезическата основа

Таблица 3. Регистър на снимачната основа

РЕГИСТЪР НА СНИМАЧНАТА ОСНОВА								
Координатна система: ККС БГС2005 Височинна система: Балтийска								
№ на точката	***X* [m]**	***Y* [m]**	***H* [m]**	**m_x [mm]**	**m_y [mm]**	**m_s [m]**	**m_h [mm]**	**Вид на стабилизиране**
Изходни точки от геодезическата основа								
тт152	4708189,497	353832,344	767,623	0,0	0,0	0,0	0,0	бетонов блок
тт400	4707904,142	353761,464	760,138	0,0	0,0	0,0	0,0	бетонов блок
тт500	4708104,813	353698,929	771,451	0,0	0,0	0,0	0,0	бетонов блок
Новоопределени точки								
пт1	4708059,021	353827,267	768,359	1,3	1,3	1,9	5,4	дървен кол
пт2	4707914,001	353856,933	760,194	1,8	1,3	2,3	6,8	дървен кол

Резултатът от това заснемане е обединен в цифров модел на ситуацията и терена, създаден в среда на AutoCAD Civil 3D. Целта е чрез използването на този софтуер да се улесни работният процес при трансфера на материали между специалностите, тъй като софтуерната група на Autodesk включва всички необходими програми за създаване на проектна документация за реконструкция на сгради. Проведени са и консултации с останалите участници в проекта и е установено, че те също използват продукти на Autodesk. Работата със съвместими софтуери осигурява възможност за създаване и на строително-информационен модел (СИМ), описанието на който е предмет на бъдеща разработка към проекта.

За допълване на модела на ситуацията е направено заснемане на трасето на съществуващия водопровод. Използван е кинематичен метод с ГНСС, тъй като началото на провода е отдалечено от изградената снимачна основа и осъществяването на класически измервания ще отнеме значително повече време и усилия, като ще доведе до постигане на сходна точност.

4. Наземно лазерно сканиране

4.1. Описание на технологията

Технологията на НЛС, в настоящата разработка, е използвана по две основни причини – да допълни създадения цифров модел на ситуацията с тримерни визуализации на сградите и да създаде високоточни, интериорни, цифрови модели на бунгалата и столовата. По този начин ще се осигури много добра възможност за изработване на всички проекти, нужни за реконструкцията на сградния фонд.

При НЛС се използва технология на безпризмено, високоскоростно измерване на ъгли и разстояния, чрез която се получават изключително детайлни и точни визуализации, под формата на множество от точки, наречено – облак [5]. Инструментите, чрез които се реализира методът се наричат скенери, като в настоящата разработка са използвани два вида – Наземен лазерен скенер Trimble TX6 и хибридна, сканираща станция Trimble SX10 (фиг. 2). Методът изисква уредите да се поставят неподвижно, върху специални триноги, като се извършват измервания от няколко станции с осигурено застъпване на измерваните обекти. В резултат на проведените полски измервания и бързината на метода се получава голям обем от данни, който трябва да се обработи на специален софтуер и компютър. Самият процес на измерване е много по-бърз от класическите геодезически методи, като същевременно изисква много по-малко хора и усилия.

Фиг. 2. Наземен лазерен скенер Trimble TX6 и сканираща тотална станция Trimble SX10

Основен проблем тук се явява фактът, че инструментът заснема всичко, което е около него, включително движещи се хора, растителност, автомобили и др. Всички тези „паразитни“ обекти се наричат шум и не са част от цифровите модели, което означава, че трябва да бъдат премахнати от финалния облак от точки. За целта в специализираните софтуери като Realworks съществуват алгоритми за изчистване на шум, които са автоматизирани. Въпреки това те не винаги работят коректно и е необходима задължителна, ръчна проверка на финалния облак от обработващия специалист. Последователността от стъпки при набирането на данните и обработката на облаци от точки е представена на фиг. 3.

Фиг. 3. Създаване на тримерна визуализация чрез НЛС

Както вече бе споменато, при НЛС се извършват измервания от множество станции, като при всяко едно преместване на инструмента се получава самостоятелен, частичен облак от точки, в локална координатна система. Обработката на данните от измерванията включва два основни етапа: да се направи правилно и точно свързване на частичните облаци, получени от всички станции и да се изчистят всички шумове. Тъй като се работи с голям обем от данни (от порядъка на 70 Gb), реализирането на тези две стъпки изисква доста време и мощна компютърна конфигурация. Процесът на свързване на частичните облаци в един общ, с цел получаване на пълен модел, се нарича регистрация и може да се осъществи по два различни начина – с използване на идентични равнини за свързване на отделните части или с използване на контролни марки.

При регистрацията по идентични равнини се използват еднакви пространства, заснети от съседни станции, за да се осъществи свързването. Поради тази причина при планирането и реализацията на полските измервания е необходимо да се осигури голямо застъпване между съседните станции, за да се постигне достатъчно висока точност на свързване. От направените обработки и анализи е установено, че за да се постигне точност на свързване от порядъка на 1,5 mm е необходимо да се прави поне 75 % застъпване. Това води до необходимост от извършване на повече измервания.

При регистрирането чрез контролни марки се използват няколко специално подбрани точки, обозначение чрез предварително подготвени марки, които се заснемат от съседни станции и се посочват на софтуера при обработката на данните. Софтуерът

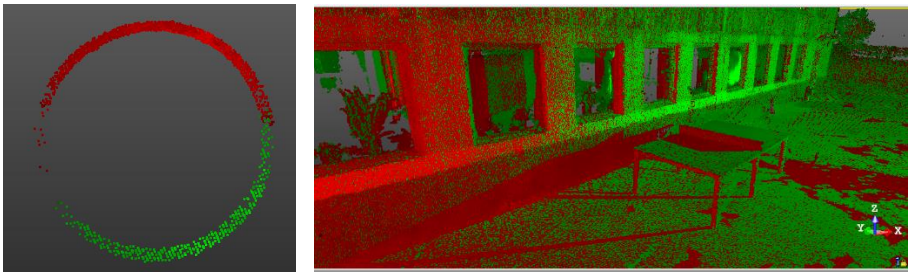
извършва свързването на частичните облаци по посочените точки автоматизирано, чрез специален алгоритъм. Това значително облекчава работата на оператора, но, за да се реализира, е необходимо предварително поставяне на голям брой марки. Това води до удължаване на полските измервания. Основен проблем при този метод е ефективността на разпознаване на марките от софтуера. Много често връзките, които се създават от алгоритъма, са грешни и се налага ръчно разпознаване и свързване от оператора. При наличието на повече такива грешки времето за обработка значително се удължава.

Ако се направи сравнение на двата метода, може да се каже, че при използването на идентични равнини се извършват повече станционирания и процесът на регистрация отнема повече време, заради необходимостта от ръчно свързване. При регистрацията по идентични марки се извършват по-малко измервания, но времетраенето е идентично с предходния метод, заради необходимостта от правилно поставяне на марките. Свързването на частичните облаци става автоматизирано, което скъсява последващата обработка значително, но възникване на грешки в определянето на идентичните марки е много по-вероятно, а отстраняването им води до удължаване на работата.

Друга важна характеристика е точността на регистриране. При интериорни заснемания използването на идентични равнини дава точности от порядъка на 1,5 mm поради наличието на множество правилни обекти като стени, тавани, под, мебели. За сметка на това при екстериорни заснемания наличието на множество движещи се обекти като листа на дървета, треви и храсти, води до понижаване на точностите значително, като може да се достигне до 1 – 2 cm. При този тип измервания използването на марки е силно препоръчително, тъй като те осигуряват много ясна и сигурна основа за свързване на съседните облаци.

Извод: всеки от методите на регистрация има своите предимства и недостатъци, но най-ефективно би било използването на комбинация от двата – за интериорни заснемания да се използва регистрация по идентични равнини, която дава повече сигурност и при която съществува по-малка вероятност за грешки, а при екстериорни – свързването да става чрез идентични марки, поради по-високата точност, получавана при тези условия.

На фиг. 4 са показани резултати от регистрацията на два съседни облака.



Фиг. 4. Регистрация на облаци от точки

4.2. Сравнение на възможностите на лазерен скенер Trimble TX 6 и хибридна сканираща станция Trimble SX10

В рамките на проекта е направено и сравнение на възможностите на двете сканиращи системи – лазерен скенер и сканираща, тотална станция. Първият критерий по който са съпоставени, е техническите им параметри. От представените в табл. 4 данни се забелязват някои основни разлики като скорост на сканиране, гъстота на облака от точки и обхват на измерване.

Таблица 4. Технически параметри на Trimble TX 6 и Trimble SX 10

Характеристика	Лазерен скенер TX6	Сканираща тотална станция SX10
Принцип на сканиране	Сканиране на 360° с въртящо се вертикално огледало върху хоризонтално въртяща се база	Лентово сканиране с помощта на въртяща се призма в телескоп; Възможност за секторно сканиране
Работна зона	360° × 317°	360° × 300°
Обхват	0,6 m – 80 m/120 m/350 m	0,9 m – 350 m/ 600 m
Скорост	500 000 точки/секунда	26 000 точки/секунда
Гъстота на облака	Режим Preview: 15,1 mm/10 m	Грубо сканиране: 50 mm/50 m
	Ниво 1: 22,6 mm/30 m	Стандартно сканиране: 25 mm/50 m
	Ниво 2: 11,3 mm/30 m	
	Ниво 3: 5,7 mm/30 m	

От таблицата се забелязва, че лазерният скенер може да измерва точки на максимално разстояние от 350 m, докато сканиращата станция достига до 600 m. Тази характеристика е много важна при заснемане на много високи обекти. По отношение на скоростта на заснемане, лазерният скенер води убедително с 500000 точки в секунда, докато хибридната, тотална станция измерва само 26000. Следователно производителността на скенера е много по-висока. Освен това гъстотата на решетката при него е два пъти по-голяма. Това означава, че полученият облак ще е два пъти по-детайлен.

На пръв поглед това сравнение дава значително предимство на скенера пред сканиращата станция. Двете системи обаче са коренно различни като възможности и затова е необходимо да се направи допълнително сравнение, за приложението им в процеса на реконструкция на сгради.

Лазерният скенер осигурява възможност за бързо позициониране и натрупване на голям обем от данни, за кратко време. За да се случи това, инструментът работи в локална координатна система, която е различна за всяка станция. Това води до необходимост от регистрация на резултантните облаци, отнемаща много време. Въпреки това крайният продукт се характеризира с много висока относителна точност и детайлност. Подобни показатели осигуряват идеална основа за създаване на различни тримерни модели на сградите, с много висока точност. Работата в локална координатна система, обаче, води до необходимост от извършване на георефериране на финалния облак (модел), за да може той да се използва и при изграждането на сградата. Важно е да се отбележи и големината на данните, с които се работи – над 70 Gb. При такива обеми се изискват големи пространства за съхранение и мощни машини за обработка. Визуализацията им също не е лесна и не може да се осъществява на всеки компютър. Ситуацията се влошава допълнително, ако се налага заснемането на повече сгради, какъвто е и случаят в текущия проект.

Хибридната сканираща станция представлява комбинация от роботизирана, тотална станция и лазерен скенер. Както стана ясно от табл. 4, тази комбинация води до влошаване на характеристиките на инструмента, когато става дума за лазерно сканиране. Въпреки това, при определени условия, съчетаването на двата уреда води до постигане на задоволителен краен продукт. Тъй като в основата си инструментът представлява тотална станция, той може да бъде ориентиран в пространството, ако се използват точки с известни координати. След това, чрез вградения лазерен скенер, могат да се заснемат отново облаци от точки, както и при обикновения скенер. Освен описаните разлики в характеристиките на двата облака обаче, в този случай инструментът директно изчислява проекционните координати на всяка точка, още на полето. Ако бъде преместен на друго

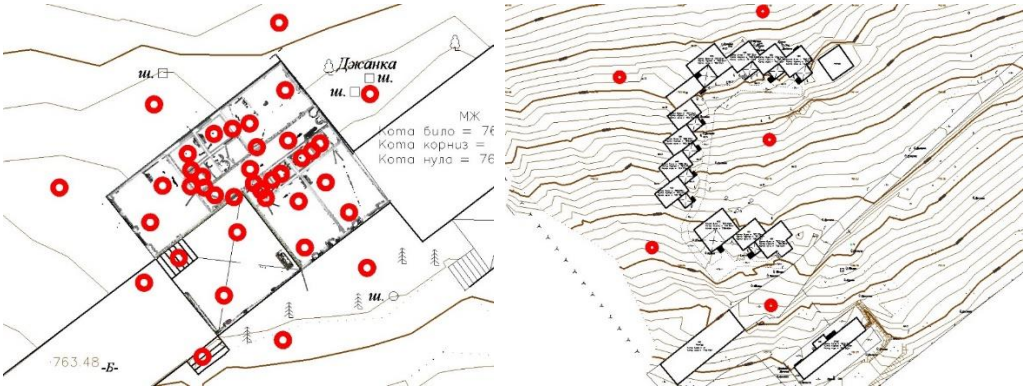
място и отново се използва описаната комбинация от възможности, ще се получи нов облак, в същата координатна система. По този начин може да се направи цялостно заснемане на сграда или група от сгради, само от няколко станции. И тъй като всички те са обвързани с РГО на обекта, точките са в единна координатна система. По този начин се създава цялостна визуализация на обекта, без необходимост от последваща обработка. Недостатък представлява ниската детайлност и още един много важен фактор – грешката от снимачната основа. Тъй като при всяко преместване на инструмента се правят нови измервания към изходните точки, които са натоварени с различни, случайни грешки, точността на всеки частичен облак е различна. За да се постигне максимална продуктивност на метода, се използва минимално застъпване между станциите. По този начин в зоните на идентичните обекти се получават по-големи разминавания от порядъка на 2 – 3 cm, дължащи се на грешките от измерванията и точността на изходната основа.

Ако се направи сравнение на оцветяването на облаците, получени от двата инструмента, ще се забележи, че хибридната станция създава по-реалистични цветове. По този начин може да се придобие по-ясна представа за обекта във всички негови аспекти, което е изключително полезно за специалисти като архитекти или дизайнери.

Друг важен аспект е обхватът на заснемане. Със сканиращата станция се заснемат много повече елементи поради по-големия обхват. Ако се налага заснемане на много големи по площ или много високи обекти, хибридната сканираща станция предоставя значително по-добри възможности за работа.

Разбира се, при необходимост станцията може да работи и в локална координатна система и грешката в крайния облак да е значително по-малка. Скоростта на заснемане обаче води до драстично увеличаване на полските измервания, а това създава възможности за проблеми от леки премествания на инструмента, за които се разбира чак след приключване на сканирането от всяка станция. Това означава, че е възможно след 20-минутно сканиране и възникнало разместване още в началото, данните да се загубят и да се наложи повторно измерване. Освен това, работата в локална координатна система ще доведе и до необходимост от регистрация на всички частични облаци.

От фиг. 5 може да се види ясно предимството на хибридната станция пред лазерния скенер, по отношение на броя станции.



Фиг. 5. Брой станции при различните сканиращи системи

След консултации с екипите, работещи по част архитектура и ландшафтна архитектура, е установено, че за конкретния проект цялостната, олекотена визуализация на обекта, получена от финалния облак на хибридната сканираща станция, дава много

добри възможности за анализ на съществуващите сгради и обекти в имота, като едно цяло. Освен това по-малкият размер дава възможност за работа на по-слаби компютри и облекчава значително визуализацията. Когато обаче се налага да се изработват детайлни визуализации и проекти за реконструкция, този облак не може да се използва заради ниската си подробност. В тези ситуации екипите използват данните от лазерния скенер.

В табл. 5 са представени в обобщен вид предимствата и недостатъците на двете сканиращи системи, по отношение на практическото им приложение.

Таблица 5. Предимства и недостатъци на Trimble TX 6 и Trimble SX 10

	Лазерен скенер TX6		**Хибридна тотална станция SX10**	
	Предимства	**Недостатъци**	**Предимства**	**Недостатъци**
Детайлност	Висока продуктивност и детайлност	Голям обем от данни	Лек облак за голяма територия	По-ниска детайлност
Последваща обработка	Висока относителна точност на обединения облак	Изисква последваща обработка от няколко дни	Не изисква регистрация, георефериран облак	Ниска относителна точност на обединения облак

В заключение може да се каже, че лазерният скенер е изключително подходящ за създаване на подробни, детайлни модели на сгради, когато е необходимо заснемане с цел изработка на високо точен цифров модел. Хибридната сканираща станция, от своя страна, може да бъде използвана при екстериорни заснемания, за създаване на георефериран облак, тъй като осигурява достъпна и лека визуализация на големи пространства, както и придобиване на обща престава за обекта. Комбинацията от двата инструмента при заснемане на много високи обекти също би довела до много добри резултати.

Фиг. 6. Визуализация на бунгало, получена чрез лазерен скенер Trimble TX 6

Фиг. 7. Обобщена визуализация на сградния фонд на УСБ „Веринско“, получена чрез сканираща тотална станция Trimble SX 10

Фиг. 8. Обобщена визуализация на сградния фонд на УСБ „Веринско“, получена чрез сканираща тотална станция Trimble SX 10

5. Заснемане с безпилотна летателна система

Използването на БЛС за създаване на различни цифрови модели е все по-често използван метод. Той осигурява възможност за изключително висока продуктивност, в комбинация с добра точност. Самата система представлява комбинация от безпилотно въздухоплавателно средство (дрон) и наземен контрол, осъществяван от опреатор. На терен се правят снимки по определена схема, които се използват при последващата обработка за създаване на цифров модел чрез фотограметрични методи. В настоящата разработка за заснемането е използван дрон Phantom 4 Pro, а за обработката – Agisoft Metashape.

На фиг. 6 и 7 се забелязват някои проблемни места в облака, получен от НЛС. Поради необходимостта от наземно позициониране, покривите на сградите остават

скрити от инструмента и не могат да бъдат заснети. За да се завърши визуализацията на сградите, е необходимо да се допълни наличният облак. Чрез БЛС се получава бързо и сравнително лесно решение на този проблем.

В днешно време съществуват различни методи за извършване на подобни заснемания, но в конкретния случай е използвана БЛС с наземни контролни точки.

Както бе споменато, полските измервания са осъществени по предварително съставена схема, наречена план за летене. При създаването на този план се задават настройки за траекторията, височината и скоростта на полета, страничното и надлъжното застъпване на снимките. Много важна част за постигане на добри финални резултати са и настройките на камерата, с която ще се снима. Заради спецификата на метода на определени места по терена са поставени квадратни, шахматни марки. Чрез кинематични определения с ГНСС са измерени координатите и височините на всяка една от тях. Това е нужно, тъй като точността на позиционната система в дрона е много ниска и е необходимо полученият краен продукт от обработката (в случая – облак от точки) да бъде георефериран.

След извършване на полета данните се свалят на специален компютър, където се извършва обработката. Точността на получения облак е от порядъка на 2 cm в планово положение. Височинната система на този облак е различна от тази на основните, получени от НЛС. Поради тази причина е направена регистрация на данните от БЛС към тези от НЛС, чрез софтуера Trimble Realworks. За целта са използвани характерни точки, посочени ръчно от оператора и е постигната точност на регистрация от порядъка на 2 – 3 cm.

Резултатите не са достатъчно добри за целите на реставрацията на сгради и подобряването и ще бъде предмет на бъдещи разработки по проекта.

Въпреки сравнително ниската си точност, спрямо другите модели, БЛС предоставят много добра възможност за допълване на цялостната визуализация за големи обекти, като УСБ „Веринско“ – фиг. 9.

Фиг. 9. Обобщена визуализация на УСБ „Веринско“, получена чрез комбинация от данни от НЛС и БЛС

6. Изводи и бъдещи разработки

След завършване на геодезическите дейности, описани в настоящата разработка, всички проектанти, работещи по проекта за реконструкция на УСБ „Веринско“ разполагат с единна, високоточна основа, върху която могат да извършват анализи и да изработват проекти. Това придава изключителна важност на разработките по част Геодезия, защото от техния обем, точност, актуалност и качество зависят всички останали елементи на проекта. По време на изпълнението на задачите студентите от Геодезическия факултет към УАСГ, работещи по проекта, успяха да задълбочат познанията си по геодезия, като същевременно придобиха нови, за всички останали специалности, участващи в процеса на реконструкция на сгради. Може би най-значимо от всичко обаче ще остане умението за работа в екип, без което нито един инженер или архитект не може да съществува.

Работата по проекта за реконструкция на УСБ „Веринско“ продължава, като в част Геодезия са предвидени дейности по изработване на проект за вертикално планиране и създаване на база данни за управление на документацията на проекта. Разбира се, ще се продължи с изследванията за подобряване на точността при съчетаване на цифрови визуализации, получени от различни източници.

Благодарности

Специални благодарности за подпомагането на тази разработка искаме да отправим към В. Владимиров, М. Бояджиева, Т. Григорова, К. Божиновска, Т. Василева, студенти в Геодезическия факултет на УАСГ, инж. Д. Василева и инж. М. Ценов, Геодезическия факултет и Студентския съвет към УАСГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Atanasov, S., Todorov, L., Hincheva, P.* Geodezia chast parva. Tehnika, Sofia, 1990.

2. *Kunchev, I.* Lektsii po Geodezia II-chast. UASG, Sofia, 2022.

3. *Kostadinov, K., Valchinov, V.* Matematicheska obrabotka na geodezicheskite izmervania. Poligrafichna baza na UASG, Sofia, 2012.

4. Naredba № 02-20-5 ot 15 dekemvri 2016 g. za sadarzhanieto, sazdavaneto i poddarzhaneto na kadastralnata karta i kadastralnite registri, kam ZKIR, 2017.

5. *Maldzhanski, P.* Blizkoobhvatna fotogrametria i lazerno skanirane. Onlayn izdanie, 2018.

MULTIDISCIPLINARY SOLUTION FOR THE RENOVATION OF THE "VERINSKO" ESB, UACEG PART GEODESY

R. Nikolov[1], A. Ivanova[2], K. Slavcheva[3], K. Kolev[4], Y. Ivanova[5], S. Yuseinov[6], Z. Chenkova[7], V. Shopova[8]

Keywords: *geodesy, terrestrial laser scanning, unmanned aerial system, classical geodesy, total station, multidisciplinary project*

ABSTRACT

The current paper aims to present the Geodesy part of the project "Multidisciplinary Solution for the Renovation of the "Verinsko" ESB, UACEG". Several surveys are carried out with different geodetic techniques, including: a classic geodetic survey to create digital models of the terrain and the situation of the base, surveying part of the building stock by terrestrial laser scanner and scanning total station, using an unmanned aerial system to complement digital models as well as global navigation satellite systems survey. Comparisons and analyses are made for the accuracy and application of the different technologies.

[1] Radoslav Nikolov, Assist. Prof. Eng., Dept. "Geodesy and geoinformatics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: rnikolov.fgs@uacg.bg
[2] Andrea Ivanova, Student, majoring in Geodesy, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: andrea.ivanova2807@gmail.com
[3] Katrin Slavcheva, Student, majoring in Geodesy, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: katrin.n.slavcheva@gmail.com
[4] Kristian Kolev Student, majoring in Geodesy, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: jibwish15@gmail.com
[5] Yoana Ivanova, Student, majoring in Geodesy, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: yoana_i@yahoo.com
[6] Sinan Yuseinov, Student, majoring in Geodesy, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: sinan.yuseinov13@gmail.com
[7] Zeyneb Chenkova, Student, majoring in Geodesy, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: zenkataaaaa@abv.bg
[8] Valya Shopova, Student, majoring in Geodesy, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: shopova_v5@abv.bg