

**«ԱԳԱՐԱԿ» ՊԱՏՄԱՄՇԱԿՈՒԹՅԱՅԻՆ ԱՐԳԵԼՈՑԻ ԵՌԱԶՍՓ ՄՈՂԵԼԻ ՍՏԵՂՏՈՒՄԸ
ԼԱԶԵՐԱՅԻՆ ՄԿԱՆԱՎՈՐՄԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐՈՎ**

**Հովսեփ Սերգեյի Պետրոսյան¹, Մանուկ Ռազմիկի Վարդանյան, Արամ Մեերի Ստեփանյան²,
Վալերի Ալեքսանդրի Ալեքսանյան³**

¹Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

²«Երկրատարածական տեխնոլոգիաների կենտրոն» ՍՊԸ, ք. Երևան, ՀՀ

³ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգոնոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն, ք. Երևան, ՀՀ

Hovsep-petrosyan@mail.ru

Ներկայացված են անօդաչու թռչող սարքով նկարահանված բարձր լուծաչափի աերոնկարների և լազերային սկանավորման տվյալներով «Ագարակ» պատմամշակութային արգելոցի եռաչափ մոդելի ստեղծման աշխատանքները: Աերոնկարահանման աշխատանքներն իրականացվել են պրոֆեսիոնալ անօդաչու թռչող սարքով: Աերոնկարահանման և լազերային սկանավորման աշխատանքների իրականացման համար մշակվել են տարածքի նկարահանման երթուղիները: Լազերային սկանավորման աշխատանքներն իրականացվել են ժամանակակից սարքերով, որոնք ապահովել են 5 մմ ներամպային և 2...5 սմ գլոբալ դիրքորոշման ճշտություն: Ֆոտոգրամետրիական մշակման աշխատանքներն իրականացվել են բարձր ճշտությամբ ծրագրային ապահովման միջավայրում, որի արդյունքում ստեղծվել է 5 սմ լուծաչափով օրթոֆոտոհատակագիծ: Լազերային սկանավորման և աերոնկարահանման տվյալների ինտեգրման միջոցով Agisoft Metashape ծրագրային ապահովման միջավայրում ստեղծվել է տեղանքի եռաչափ մոդելը: Լազերային սկանավորման և աերոնկարահանման տվյալների հիման վրա ստեղծվել է 1:1000 մասշտաբով տեղագրական և կադաստրային հատակագծեր: Մշակված համալիր մեթոդով հնարավորություն է ստեղծվել բարձր ճշտության գործիք-սարքավորումներով դիտարկված տվյալներով (աերոնկարահանման, լազերային սկանավորման, ֆոտոեռանկյունավորման, ռելիեֆի մշակման և դրանց ինտեգրման եղանակներով) և ժամանակակից ծրագրային ապահովմամբ այդ տվյալների մշակման միջոցով ստանալ «Ագարակ» պատմամշակութային արգելոցի տարածքի եռաչափ մոդելը՝ 1:1000 մասշտաբով տեղագրական և կադաստրային հատակագծեր, որոնք իրենց ճշտությամբ գտնվում են 95 % վստահության միջակայքում:

Բանալի բառեր. անօդաչու թռչող սարք, աերոնկար, լազերային սկանավորում, պլանաբարձունքային ճանաչման կետ, GPS ռովեր, եռաչափ մոդել

Ներածություն

Վերջին ժամանակներում մեծ պահանջարկ է առաջացել ժամանակակից բարձր ճշտության գործիք-սարքավորումներով և համապատասխան ծրագրային ապահովման միջոցներով ստեղծել խոշոր մասշտաբի տեղանքի եռաչափ մոդել՝ հատկապես պատմամշակութային հու-

շարձանների և արգելոցների տարածքների մանրամասն հետազննությունների համար: Ներկայացնենք որոշ տեղեկություններ սույն աշխատանքում հետազոտվող օբյեկտի մասին:

«Ագարակ» պատմամշակութային արգելոցը գտնվում է ՀՀ Արագածոտնի մարզի Ագարակ և Ոսկեհատ գյուղական համայնքների վարչական տարածքներում, Երևան-Աշտարակ-Գյումրի մայրուղու երկու կողմերում, Ամբերդ գետի աջ ափին, հրաբխային տուֆե ելուստներից կազմված ժայռոտ հրվանդանի վրա: Հուշարձանի հիմնական առանձնահատկություններից է համարվում այն, որ ողջ բնակատեղին և դրա շրջակայքն ամբողջությամբ պատված են ժայռափոր ու քարակոփ կառույցների հսկայածավալ համալիրներով, որոնց զգալի մասը շաղկապվում է Ագարակի վաղ բրոնզեդարյան բնակատեղին: Տարածքում առկա են ժայռափոր խորշեր, դեպի այդ խորշերը տանող աստիճանահարթակներ և այլ նշանակության կերտվածքներ: Այս կերտվածքների թվում կան նաև շրջանաձև, պայտաձև, մեանդրաձև փորվածքներ: Այդ փորվածքները միմյանց կապող առվակների կամ եռագագաթ, սեղանաձև զոհարանների շնորհիվ բնական լանդշաֆտը վերածվել է հսկա կոթողի:

118 հա տարածք զբաղեցնող ծիսական լանդշաֆտի նմանատիպ օրինակ, մինչև Ագարակի պեղումները, հայկական լեռնաշխարհում փաստագրված չէր: Հուշարձանները հետազոտող հնագետների միաձայն դիրքորոշմամբ՝ նմանօրինակ կերտվածքներով հագեցած ժայռահարթակները հանդիսանում են ծիսապաշտամունքային կառույցներ: Ընդ որում, դրանց մի մասը համարվում է խեթական, մի զգալի մասն էլ՝ փոյուզական՝ շաղկապվելով հատկապես աստվածների մեծ մայր, լեռների, անտառների և կենդանիների կառավարիչ և պտղաբերությունը հովանավորող Կիբելա աստվածուհու պաշտամունքի հետ:

Պեղումներից հայտնաբերված մեծաքանակ խեցեղենը, թրծակավե արձանիկները, կլոր և պայտաձև օջախների, հենակ-պատվանդանների մնացորդները թույլ են տալիս հնավայրի բնակեցման այս շրջանը վերագրել շենգավիթյան կամ քուռ-արաքսյան հնագիտական մշակույթի միջին փուլին, որը ժամանակագրվում է Ք.ա. 29-27-րդ դդ. սահմաններում: Վանի թագավորության կազմալուծումից հետո Ագարակը քաղաքային տիպի խոշոր բնակավայր էր: Պեղված հրապարակներում բացված գինու մեծաքանակ ժայռափոր հնձանները վկայում են, որ խաղողագործությունն ու գինեգործությունն ագարակցիների կյանքում առանձնահատուկ տեղ են զբաղեցրել: Հանդիսանալով Այրարատից դեպի Շիրակ և Անի տանող առևտրական մայրուղու կարևորագույն հանգույցներից մեկը, այս բնակավայրի տնտեսական և առևտրական կյանքը ծաղկում է ապրել հատկապես Ք.ա. 4-3-րդ դդ. մինչև Ք.հ. 2-4-րդ դդ.: Այդ են վկայում հելլենիստական և ուշ անտիկ շրջանի քաղաքային մշակույթին բնորոշ գունազարդ խեցեղեն պարունակող շերտերից հայտնաբերված Ալեքսանդր Մակեդոնացու արծաթե դրախման և Օգոստոս Օկտավիանոսի արծաթե դենարը, ուշ հելլենիստական շրջանի ժայռափոր թաղումներից հայտնաբերված մի քանի կնքադրոշմ մատանիները: Ագարակի հնավայրի բնակեցման վերջին փուլը ներկայացված է 17-18-րդ դդ. բնորոշ նյութերով (խեցեղեն, օջախների հիմքեր, Երևանի խանության կողմից թողարկված պղնձե դրամներ) [1]:

Նկատի ունենալով «Ագարակ» բնակատեղի-հնավայրի հուշարձանի բացառիկ դերն ու նշանակությունը Հայաստանի վաղագույն շրջանի սոցիալ-մշակութային խնդիրների ուսումնասիրության գործում, ՀՀ Կառավարության 2001 թ. դեկտեմբերի 29-ի N 1305 որոշմամբ «Ագարակ» հնավայրին տրվել է արգելոց-թանգարանի կարգավիճակ [2]: 2016 թ. նոյեմբերի 24-ի № 1204-Ն որոշմամբ «Ագարակ» պատմամշակութային արգելոցի տարածքը սահմանվել է 118,2 հա, փոխադրվել հատուկ պահպանվող հողերի կատեգորիա և անհատույց, անժամկետ օգտագործման իրավունքով հանձնվել ՀՀ մշակույթի նախարարության «Պատմամշակութային արգելոց-թանգարանների և պատմական միջավայրի պահպանության ծառայություն» ՊՈԱԿ-ին [3]:

Աշխատանքի նպատակն է պատվիրատուի տեխնիկական պահանջներով իրականացնել «Ագարակ» պատմամշակութային արգելոցի տարածքի փաստացի վիճակի գույքագրում, հաշվառում և տվյալների բազայի ստեղծում:

Նյութեր և մեթոդներ

Մշակված բարձր ճշտության եռաչափ մոդելն ու տարածքի հատակագիծը ներկայացնում են հուշարձանի ֆիզիկական հատկանիշներն ու կառուցվածքային տարրերը՝ ապահովելով դրա պահպանման, վերականգնման և հետագա հետազոտությունների հիմքը: Աշխատանքների կատարման համար հիմք են հանդիսացել [4-11] գրականության ցանկում տրված գեոդեզիական և քարտեզագրական մեթոդները և եղանակները:

Աշխատանքում ներկայացված աերոնկարահանման, այդ նյութերի մշակման, տեղանքի եռաչափ մոդելի, պլանաբարձունքային հիմքի, տեղագրական և կադաստրային քարտեզների ստեղծումն իրականացվել են [4-7] հրահանգների, իսկ պայմանական նշանները՝ [8]-ի պահանջներով:

Արդյունքներ և քննարկում

Համաձայն տեխնիկական պայմանների, աշխատանքներն իրականացվել են 3 փուլով՝ նախապատրաստական, դաշտային և գրասենյակային:

Նախապատրաստական փուլում [4, 5]-ի պահանջների համաձայն իրականացվել է աշխատանքային անձնակազմի ձևավորում, գործիքների և ծրագրային ապահովման նախապատրաստում, ինչպես նաև տարածքի նախնական ուսումնասիրություն և հետազոտության համար առկա քարտեզագրագեոդեզիական տվյալների և կադաստրային հատակագծի ձեռքբերում:

Դաշտային աշխատանքների փուլում DJI Mavic 3 Enterprise սարքով իրականացվել է տարածքի աերոհանույթ, CHCNAV AlphaUni 20 սարքով իրականացվել է լազերային սկանավորում, ամրացված ճանաչման կետերի դիտարկումներն իրականացվել են Leica GS18 T GNSS բազմահաճախական արբանյակային ընդունիչով (ռովեր):

DJI Mavic 3 Enterprise-ը (Mavic 3E) կոմպակտ պրոֆեսիոնալ անօդաչու թռչող սարքերը նախատեսված են հանութագրման, որոնողական և փրկարարական աշխատանքների համար:

Դրանք ունեն հզոր օպտիկական խոշորացում, մեխանիկական փակիչ և մինչև 45 րոպե երկար թռիչքի ժամանակ:

Հիմնական առանձնահատկությունները (Mavic 3E).



- տեսախցիկներ՝ 20MP լայնանկյուն (4/3 CMOS) մեխանիկական փակիչով և 12MP խոշորացում (zoom) տեսախցիկով (56x հիբրիդային խոշորացում),
- լուսանկար՝ մինչև 20MP (լայնանկյուն), RAW աջակցություն,
- տեսանյութ՝ 4K/30fps,
- թռիչքի տևողությունը՝ մինչև 45 րոպե, մինչև 15 մ/վ արագություն, խոչընդոտների խուսափում,
- ճշտություն՝ RTK մոդուլ՝ սանտիմետրային ճշտության համար,
- տեսախցիկներ՝ 48MP լայնանկյուն, 12MP հեռաֆոտո, 640x512 px ջերմային պատկերիչ,
- արագ ժամանակի լապս նկարահանում (0,7վրկ-ից)՝ շնորհիվ մեխանիկական փակադակի,
- փոխանցման համակարգ, մինչև 15 կմ հեռավորության վրա (FCC),
- նկարահանման խելացի (Smart) ռեժիմ:

Նկ. 1. Աերոնկարահանման երթուղու սխեմա

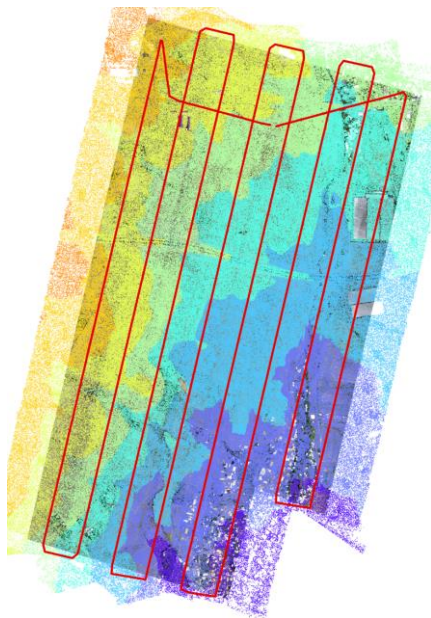
Աերոնկարահանման աշխատանքների կատարման համար մշակվել է տարածքի նկարահանման երթուղիները (նկ. 1):

Այն իրենից ներկայացնում է հանութագրվող տարածքի երկայնքով միմյանց զուգահեռ առանցքներ: Աերոնկարահանման աշխատանքներն իրականացվել է 120 մ հարաբերական բարձրությունից, անօդաչու սարքն օգտագործելով իրական ժամանակում կինեմատիկա (RTK) տեխնոլոգիան բարձր ճշտությամբ հետևել է նախապես մշակված և սարքի մեջ ներբեռնված ռեյինֆի թվային մոդելի նկատմամբ նախատեսված բարձրության պահպանմանը՝ ինչն ապահովում է ֆոտոգրամետրիական մշակման արդյունքում ստացված տվյալների բարձր ճշտությունն առանց ճանաչման կետերի օգտագործման: Աերոնկարահանումն իրականացվել է 80 % երկայնական և լայնական վերածածկով և խելացի (Smart) ռեժիմով, որը հնարավորություն է տալիս մեկ երթուղով նկարահանմամբ ստանալ 3 տարբեր անկյուններից աերոնկարներ՝ ֆոտոգրամետրիական մշակմամբ եռաչափ մոդելավորման համար:

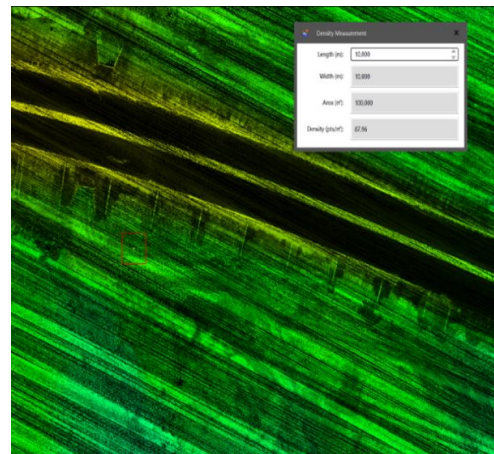
Լազերային սկանավորում - «Ազարակ» պատմամշակութային արգելոցի փաստացի վիճակի գույքագրման և հաշվառման նպատակով իրականացվել է բարձր ճշտության եռաչափ լազերային սկանավորում, որի նպատակն է ստեղծել հուշարձանի եռաչափ մոդելավորումը և հանութագրումը, որոնցով հնարավորություն կստեղծվի ապահովել դրանց պահպանման, վերա-

կանգնման ու հետագա հետազոտությունների գործառնությունները: Լազերային սկանավորումը թույլ է տալիս ստանալ բարձր ճշտության տվյալներ հուշարձանի կառուցվածքային տարրերի և շրջակա տարածքի մասին: Տարածքի լազերային սկանավորման աշխատանքներն իրականացվել են հետևյալ սարքերով՝ Leica MS60 R2000, CHCNAV RS10 և CHCNAV AlphaUni 20 սարքերով, որոնք ապահովում են ռեփլեֆի արտահայտման բարձր ճշտություն: CHCNAV AlphaUni 20 լազերային սկաների բնութագրերը.

- բարձր ճշտություն՝ 5 մմ ներամայային, 2...5 մմ գլոբալ դիրքորոշման,
- հեռահար չափման ունակություն մինչև 1450 մ,
- մեծ արտադրողականություն՝ 2 000 000 կետ/վրկ,
- բուսածածկույթում թափանցելու կարողություն:



Նկ. 2. Սկանավորման երթուղու սխեմա



Նկ. 3. Կետերի ամպի խտությունը

Սկանավորման աշխատանքների կատարման համար մշակվել է տարածքի սկանավորման երթուղին (նկ. 2): Սկանավորման աշխատանքներն իրականացվել է 220 մ հարաբերական բարձրությունից, հիմք ընդունելով նախապես մշակված և սարքի մեջ ներբեռնված ռեփլեֆի թվային մոդելը: Սկանավորման տվյալների տեղակապակցումն իրականացվում է արբանյակային տվյալների գրանցման և համապատասխան ծրագրային ապահովմամբ այդ տվյալների հետմշակման (PPK) տեխնոլոգիայի կիրառմամբ՝ որպես բազային կայան օգտագործվել է Leica GS18T GNSS ընդունիչը: Սկանավորման արդյունքում ստացված կետերի ամպի միջին խտությունը կազմել է 84 կետ/մ² (նկ. 3):

Կատարվել են աերոնկարների մշակման համար ճանաչման կետերի (նկ. 4) պլանաբարձունքային հիմքի դիտարկումներ Leica GS18 T մակնիշի GNSS ռովերով ստատիկ ռեժիմով, համաձայն պահանջների [6, 7], որոնց տվյալները ներկայացված է աղ. 1-ում:



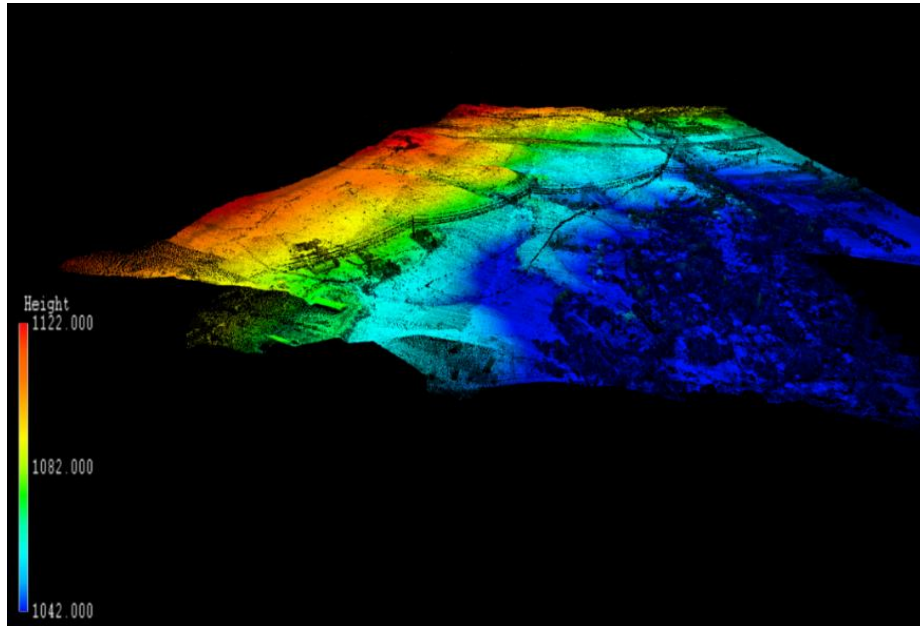
Նկ. 4. Ճանաչման կետերի սխեմա

Աղյուսակ 1

Ճանաչման կետերի պլանաբարձունքային հիմքի տվյալներ

Ճանաչման կետի համարը	Կոորդինատներ, մ			3D ճշտություն, մ
	X	Y	H	
1	8438018,361	4462843,418	1108,6423	0,0225
2	8438582,288	4462794,049	1085,7483	0,0235
3	8438588,908	4462389,167	1071,1868	0,0135
4	8438207,719	4462545,143	1091,4110	0,022
5	8437849,605	4462203,561	1090,6733	0,0261
6	8438327,942	4462248,622	1072,6587	0,0217
7	8438272,909	4461899,563	1066,4222	0,0234
8	8437868,006	4461627,957	1078,5574	0,0203
9	8438471,352	4461454,570	1046,8690	0,0179
10	8438103,593	4461194,285	1049,2908	0,0189
11	8437670,646	4460947,639	1068,7500	0,0173
12	8438143,380	4460605,756	1030,8718	0,0257

Լազերային սկանավորման տվյալների մշակման գրասենյակային աշխատանքներ. Դաշտային աշխատանքներից հետո լազերային սկանավորման տվյալների հետմշակման համար օգտագործվել է հետևյալ ծրագրային ապահովումները՝ *CHCNAV CoPre*, *CHCNAV CoProcess*: Մշակման ավարտուն տեսքը տրված է նկ. 5-ում:



Նկ. 5. Հանութագրվող տարածքի կետերի ամս

Օրթոֆոտոհատակագծի ստեղծում. Աերոնկարահանման դաշտային աշխատանքների փուլին հաջորդել է՝ գրասենյակային պայմաններում հանութագրվող տարածքի օրթոֆոտոհատակագծի ստացման աշխատանքները: Աերոնկարահանման աշխատանքներն իրականացվել են համաձայն հաստատված աշխատանքային ծրագրի, որը ներառում է թռիչքների իրականացման պլանները և ժամանակացույցը:

Աերոնկարահանման աշխատանքներն իրականացվել են *Mavic 3 Enterprise + RTK* անօդաչու թռչող սարքի միջոցով, արդյունքում յուրաքանչյուր աերոնկարին կցվել է կենտրոնակետի կոորդինատներ, որը հիմք է հանդիսացել տեղակապակցված օրթոֆոտոհատակագծի ստեղծման համար: Աերոնկարահանման տվյալների մշակման արդյունքում ստեղծվել է 5 սմ՝ լուծաչափով օրթոֆոտոհատակագիծ: Տվյալների ֆոտոգրամետրիական մշակման աշխատանքներն իրականացվել են *Agisoft Metashape Professional* ծրագրային ապահովման միջավայրում (նկ. 6): Ֆոտոգրամետրիական մշակումն իրականացվել է 3 փուլով.

- Աերոնկարներում օբյեկտների ճանաչում և հավասարեցում (align) միմյանց հետ. հավասարեցման արդյունքների միջինացված շեղումները ներկայացված է աղ. 2-ում:
- Տեղանքի մակերևույթի թվային մոդելի ստեղծում:
- Օրթոֆոտոհատակագծի ստեղծում՝ հիմնվելով մակերևույթի թվային մոդելի վրա:

Աղյուսակ 2

Աերոնկարների հավասարեցման արդյունքների միջինացված շեղումներ

X շեղում, սմ	Y շեղում, սմ	Z շեղում, սմ	XY շեղում, սմ	3D շեղում, սմ
1,4	3,4	4,2	3,7	5,6



Նկ. 6. Տարածքի օրթոֆոտոհաստակագիծ

Եռաչափ մոդելի ստացում. Հետագուտվող տարածքի եռաչափ մոդելի ստեղծման համար կիրառվել է լազերային սկանավորման և աերոնկարահանման տվյալների ինտեգրում՝ լազերային սկանավորման տվյալներից՝ ապահովելով արգելոցի տարածքի եռաչափ տեսքի ֆիզիկական առանձնահատկությունների մանրամասնությունները, իսկ աերոնկարահանման նկարներն ապահովել են եռաչափ մոդելի տեքստուրան: Տվյալների մշակումն իրականացվել է Agisoft Metashape ծրագրային ապահովման միջավայրում (նկ. 7): Եռաչափ մոդելի ստեղծումն իրականացվել է հետևյալ հաջորդականությամբ.

- Լազերային սկանավորման արդյունքում ստացված կետային ամպի մաքրում:
- Կետային ամպի և աերոնկարների կենտրոնակետերի կոորդինատների կապակցումը Ազգային գեոդեզիական ցանցի կոորդինատային համակարգին [9, 12-14]:
- Ներմուծում Agisoft Metashape ծրագրային ապահովման միջավայր:
- Կետային ամպի և աերոնկարների կապակցում ճանաչման կետերի կիրառմամբ:
- Կետային ամպի հիմքով մոդելի ստեղծում:
- Ստացված մոդելի տեքստուրավորում:
- Արդյունքների դուրսբերում այլ միջավայրերում օգտագործման համար:



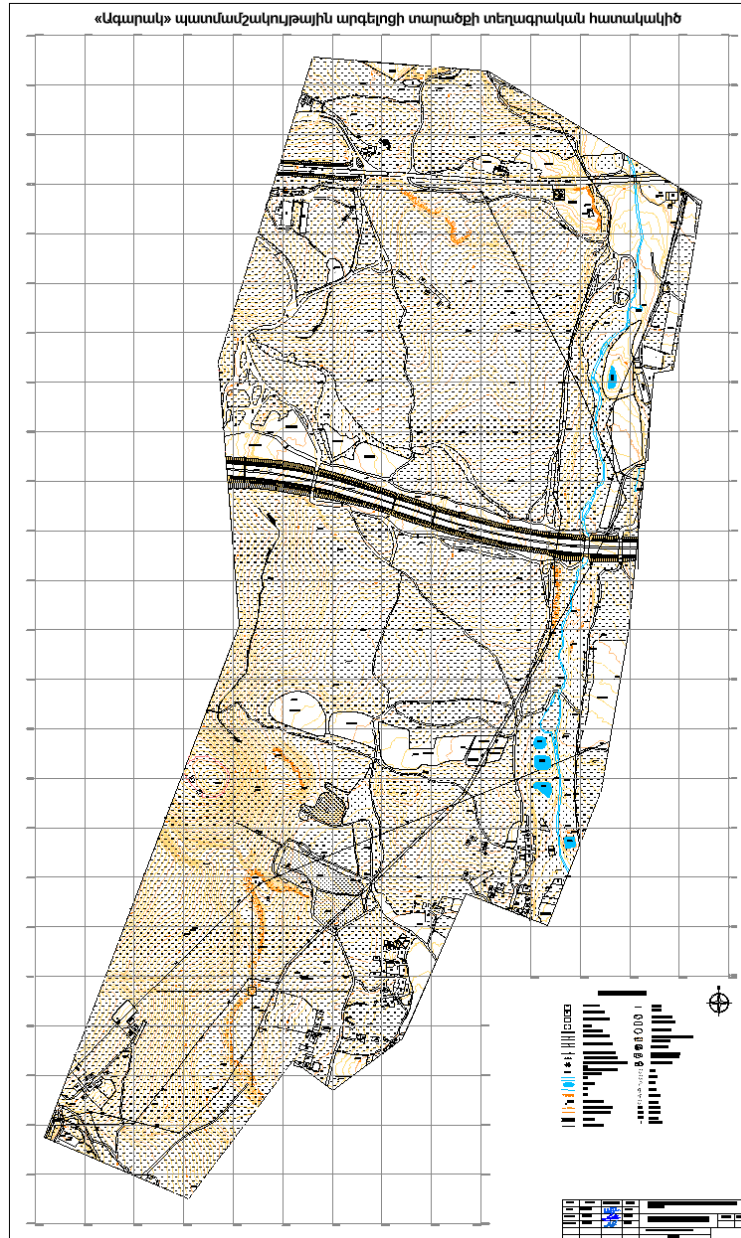
Նկ. 7. Արգելոցի եռաչափ մոդելը ստեղծված Agisoft Metashape ծրագրային միջավայրում

Տարածքի տեղագրական հատակագծի ստեղծում 1:1000 մասշտաբով. AutoCAD Civil 3D ծրագրային միջավայրում, լազերային սկանավորման և աերոնկարահանման տվյալների հիման վրա ստեղծվել է 1:1000 մասշտաբով տեղագրական հատակագիծ (նկ. 6): Հետագոտված յուրաքանչյուր տարրի համար ծրագրում ձևավորվել է AutoCad Civil 3D ծրագրային հավելվածում, ստեղծվելով համապատասխան շերտեր (աղ. 3): Հանութագրված տարածքի մակերեսը կազմում է 118,2 *հա*: Տեղագրական հատակագիծը կազմվել է համաձայն տեխնիկական առաջադրանքի [4, 8] (նկ. 8): Տեղագրական հանույթում ընդգրկվել են աղ. 3-ում տրված շերտերը:

Աղյուսակ 3

Տեղագրական հատակագծի շերտերը

Հ/Հ	Անվանում	Հ/Հ	Անվանում
1	1 մ-ից բարձր մետաղե ցանկապատ	28	հենապատ
2	առու	29	ճանապարհ
3	ասֆալտապատ ճանապարհ	30	մարգագետին ծառերով
4	ասֆալտապատ տարածք	31	մետաղյա ցանկապատ
5	ավերակ	32	շենք-շինություն
6	բարձր լարման էՀԳ մետաղյա ֆերմաների վրա	33	տափաստանային խոտային բուսականություն
7	բարձրունքային նիշ	34	ուղեփակոց
8	բարձրունքային նիշի կետ	35	պտղատու այգի
9	բաք	36	պտղատու տնկարկներ
10	բետոն	37	ջերմոց
11	բուսականություն	38	ջրանցք
12	գետ	39	ջրանցք չգործող
13	գերեզմանատուն	40	ջրավազան
14	գրագրություն	41	սալիկապատ տարածք
15	գրունտային ճանապարհ	42	ստորգետնյա անցում
16	դարալանջ	43	տաղավարներ
17	դարպաս	44	ցածր լարման էՀԳ
18	դիտահոր	45	ցածր լարման էՀԳ մետաղյա սյուների վրա
19	ժայռ	46	փական
20	լճակ	47	փայտե սյուն
21	խցիկներ խողովակաշարերի վրա	48	քարակույտ
22	ծածկարան սյուների վրա	49	քարաշար
23	ծառաշար	50	քարե պատ
24	ծառեր	51	օրթոֆոտոհատակագիծ
25	հակակարկտային կայան	52	հաստացված հորիզոնական
26	կետային ուրվագիծ	53	հիմնական հորիզոնական
27	կիսակառույց շինություն		



Նկ. 8. Արգելոցի տարածքի տեղագրական հանույթ

Գրասենյակային աշխատանքների ավարտական փուլում կազմվել է նաև հետազոտվող տարածքի հողամասերի հատակագիծը համաձայն Կադաստրի կոմիտեի ղեկավարի 2021 թ. ապրիլի 8 N 75-Ն հրամանի [10, 11] հրահանգի պահանջներին համապատասխան: Ստուգման համար կատարվել են ճանաչման կետերի և օրթոֆոտոհատակագծի համեմատություն (աղ. 4) և ճանաչման կետերի և կետային ամպի համեմատություն (աղ. 5): Աղ. 4 և 5 -ի տվյալներից պարզ երևում է, որ աշխատանքը կատարված է բարձր ճշտությամբ, քան պահանջվում է գործող [4, 5] հրահանգներով:

Աղյուսակ 4

Ճանաչման կետերի և օրթոֆոտո-
հատակագծի համեմատություն

Ճանաչման կետի համարը	$\Delta xy, \text{մ}$
1	0,0220
2	0,0110
3	-0,0163
4	-0,0014
5	-0,0036
6	0,0250
7	0,0320
8	-0,0361
9	0,0200
10	0,0310
11	-0,0069

Աղյուսակ 5

Ճանաչման կետերի և կետային ամպի
համեմատություն

Ճանաչման կետի համարը	$\Delta x, \text{մ}$	$\Delta y, \text{մ}$	$\Delta z, \text{մ}$	$\Delta xy, \text{մ}$
1	-0,063	-0,071	-0,048	0,094
2	0,019	-0,084	0,003	0,086
3	-0,021	-0,008	0,006	0,022
4	0,011	-0,009	-0,045	0,014
5	0,004	-0,031	0,018	0,031
6	-0,019	0,089	-0,052	0,091
7	-0,042	-0,055	-0,011	0,069
8	0,002	0,007	-0,028	0,007
9	0,039	-0,054	-0,073	0,066
10	-0,006	0,004	-0,031	0,007
11	-0,036	-0,067	-0,033	0,076

Եզրակացություն

Անօդաչու թռչող սարքով նկարահանված բարձր լուծաչափի ատրոնկարների և լազերային սկանավորման տվյալներով և ժամանակակից ծրագրային ապահովման միջոցներով ստեղծված 5 սմ լուծաչափով օրթոֆոտոհատակագիծը, տեղանքի եռաչափ մոդելը, 1:1000 մասշտաբով տեղագրական և կադաստրային հատակագծերը համալիր քարտեզագրագեոդեզիական աշխատանք են ոչ միայն «Ագարակ» պատմամշակութային արգելոցի եռաչափ մոդելի ստեղծման աշխատանքների համար, այլ այդ նյութերով հնարավոր է կատարել ցանկացած ինժեներական կառույցների նախագծման և հետազոտական աշխատանքներ: Նոր թվային տեխնոլոգիաներով ստեղծված տեղագրական հանույթի հատակագծի ճշտության աստիճանը համաձայն աղ. 2-ում տրված տվյալների՝ պլանում 3,7 սմ, բարձունքայինում՝ 4,2 սմ, համեմատելով ավանդական վերգետնյա եղանակով սահմանված հատակագծի մասշտաբում 0,2 մ/ x M, բարձունքայինում՝ ռելիեֆի անկման կտրվածքի 1/3 x h (0,5 մ) հետ, 1:1000 մասշտաբի դեպքում, ստացված ճշտության աստիճանը գերազանցում է՝ պլանում (20/3,7) մոտ 2,7 և բարձունքայինում՝ (50/3=16,67/4,2) մոտ 4 անգամ: Ստացված ճշտության աստիճանը համապատասխանում է 1:200 մասշտաբի հատակագծի ճշտության աստիճանին: Մշակված մեթոդով ստեղծված նյութերը կարող են հիմք հանդիսանալ օգտագործելու նաև ուսումնական և գործնական աշխատանքներում:

Գրականության ցանկ

- [1] <https://hushardzan.am/preservations/agarak-historical-and-cultural-reserve>
- [2] ՀՀ կառավարության 2001թ. դեկտեմբերի 29-ի N 1305 որոշմամբ «Ագարակ» հնավայրին տրվել է արգելոց-թանգարանի կարգավիճակ:
- [3] ՀՀ կառավարության 2016 թ. նոյեմբերի 24-ի N° 1204-Ն որոշմամբ «Ագարակ» պատմամշակութային արգելոցի տարածքը սահմանվել է 118,2 հեկտար, փոխադրվել հատուկ պահպանվող հողերի կատեգորիա և անհատույց, անժամկետ օգտագործման իրավունքով հանձնվել ՀՀ մշակույթի նախարարության «Պատմամշակութային արգելոց-թանգարանների և պատմական միջավայրի պահպանության ծառայություն» ՊՈԱԿ-ին:
- [4] 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 մասշտաբի տեղագրական հանույթների հրահանգ:
- [5] I, II, III և IV դասերի նիվելիրացման հրահանգ. Երևան, 2007, 76 էջ:
- [6] Գեոդեզիական կետերի կենտրոնների և արտաքին մետաղական նշանների ՀՍՏ 226-2002:
- [7] Պետական արբանյակային (Դաբլյու-Ջի-Էս-84 (WGS-84) կոորդինատային համակարգում) գեոդեզիական ցանցի կառուցման հրահանգ:
- [8] 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000 մասշտաբի տեղագրական քարտեզների պայմանական նշաններ:
- [9] ՀՀ տարածքում WGS-84 համաշխարհային գեոդեզիական կոորդինատային համակարգը ներդնելու մասին. ՀՀ Կառավարության 11.04.2002թ. N 225 որոշում:
- [10] Կադաստրի կոմիտեի ղեկավարի 2021թ. ապրիլի 8-ի N 75-Ն հրաման:
- [11] Կադաստրային քարտեզագրման աշխատանքների իրականացման հրահանգ:
- [12] Zero-order network of Armenia, AM2-4-2. SWEDESRVEY, 2003, 52 p.
- [13] 1st Order Network of Armenia: Ref. No. 2002-004115. SWEDESRVEY, 2003, 161 p.
- [14] Armenia Continuousluy Operating Reference Stations Coordinates Computation Report. Yerevan, 2013, 21 p.

СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО ЗАПОВЕДНИКА “АГАРАК” С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

**Օվսեպ Սերգեևիչ Սետրոսյան^{1*}, Մանուկ Ռազմիկովիչ Վարդանյան, Արամ Մցրովիչ Տեփանյան²,
Վալերիյ Ալեքսանդրովիչ Ալեքսանյան³**

¹Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

²ООО “Центр геопространственных технологий”, г. Ереван, РА

³НАН РА Центр экологоноосферных исследований, г. Ереван, РА

*hovsep-petrosyan@mail.ru

Представлена работа по созданию трехмерной модели историко-культурного заповедника “Агарак” с использованием аэрофотоснимков высокого разрешения и данных лазерного сканирования, полученных с помощью беспилотного летательного аппарата. Аэрофотосъемка проводилась с использованием профессионального беспилотного летательного аппарата. Для реализации аэрофотосъемки и лазерного сканирования были разработаны маршруты съемки местности. Лазерное сканирование проводилось с использованием приборов, обеспечивающих внутриоблачную точность 5 мм и глобальную точность позиционирования 2...5 см. Для обработки данных лазерного сканиро-

вания использовалось программное обеспечение. Фотограмметрическая обработка проводилась в программной среде Agisoft Metashape Professional, в результате чего был создан ортофотоплан местности с разрешением 5 см. Трехмерная модель местности была создана в программной среде Agisoft Metashape путем интеграции данных лазерного сканирования и аэрофотосъемки. В программных средах на основе данных лазерного сканирования и аэрофотосъемки были созданы топографические и кадастровые планы в масштабе 1:1000. Разработанный комплексный метод позволил получить трехмерную модель территории историко-культурного заповедника “Агарак”, топографические и кадастровые планы в масштабе 1:1000, точность которых находится в пределах 95% доверительного интервала, с использованием данных, полученных с помощью высокоточных приборов и оборудования (аэрофотосъемка, лазерное сканирование, фототриангуляция, обработка рельефа и их интеграция), а также современного программного обеспечения для обработки этих данных.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, аэрофотосъемка, лазерное сканирование, опознавательная точка, GPS-ровер приемник, трехмерная модель

CREATION OF A 3D MODEL OF “AGARAK” HISTORICAL CULTURAL PARK USING LASER SCANNING DATA

Hovsep Petrosyan^{1*}, Manuk Vardanyan, Aram Stepanyan², Valery Aleksanyan³

¹National University of the Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

²LLC “Center for Geospatial Technologies”, Yerevan, RA

³Center for Ecological-Noosphere Studies of the NAS RA, Yerevan, RA

*hovsep-petrosyan@mail.ru

This article presents a three-dimensional model of the “Agarak” Historical and Cultural Reserve using high-resolution aerial photographs and laser scanning data obtained by an unmanned aerial vehicle (UAV). Aerial photography was conducted using a professional camera. Survey routes were developed for the aerial photography and laser scanning. Laser scanning was performed using instruments, which provide an intra-cloud accuracy of 5 mm and a global positioning accuracy of 2-5 cm. The following software was used to process the laser scanning data. Photogrammetric processing was performed in Agisoft Metashape Professional, resulting in an orthophotomap of the terrain with a resolution of 5 cm. A 3D terrain model was created in Agisoft Metashape by integrating laser scanning and aerial photography data. Topographic and cadastral plans at a scale of 1:1000 were created in AutoCAD and Civil 3D using the laser scanning and aerial photography data. The developed complex method made it possible to obtain a three-dimensional model of the territory of the historical and cultural reserve “Agarak”, topographic and cadastral plans at a scale of 1:1000, the accuracy of which is within the 95% confidence interval, using data obtained with the help of high-precision instruments and equipment (aerial photography, laser scanning, phototriangulation, terrain processing and their integration), as well as modern software for processing this data.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, aerial photography, laser scanning, identification point, GPS rover receiver, 3D model*

Պետրոսյան Հովսեփ Սերգեյի, տ.գ.դ. (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)93999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Վարդանյան Մանուկ Ռազմիկի, տ.գ.դ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) – (+374)93337777, m.vard1@yahoo.com, **Ստեփանյան Արամ Միերի, տ.գ.թ.** (ՀՀ, ք. Երևան) – «Երկրափառաբանական տեխնոլոգիաների կենտրոն» ՍՊԸ, տնօրեն, (+374)93999068, steparam@gmail.com, **Ալեքսանյան Վալերի Ալեքսանդրի, գյուղ. գիտ. դոկտոր, դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՀՀ գիտությունների ազգային ակադեմիայի Էկոլոգոնոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն, գիտաշխատող, (374)97231111, valerialeksanyan49@mail.ru

Петросян Овсен Сергеевич, д.т.н. (РА, г. Ереван) - НУАСА, старший научный сотрудник, (+3749)3999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Варданян Манук Размирович, д.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) – (+374)93337777, m.vard1@yahoo.com, **Степанян Арам Мгеревич, к.т.н.** (РА, Ереван) –ООО “Центр геопространственных технологий”, директор, (+374)93999068, steparam@gmail.com, **Александр Валерий Александрович, д.с.-х.н., доцент** (РА, г. Ереван) - Центр экологоноосферных исследований НАН РА, научный сотрудник, (374)97231111, valerialexanyan49@mail.ru

Petrosyan Hovsep, Doctor of Science (engineering) (RA, Yerevan) – NUACA, senior scientific researcher, (+374)93999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Vardanyan Manuk, Doctor of Science (engineering), Associate Professor** (RA, Yerevan) – (+374)93337777, m.vard1@yahoo.com, **Stepanyan Aram, doctor of philosophy (PhD) in Engineering** (RA, Yerevan) – LLC “Center for Geospatial Technologies”, Director, (+374)93999068, steparam@gmail.com, **Aleksanyan Valery, Doctor of Science in Agricultural Sciences, Associate Professor** (RA, Yerevan)- Center for Ecological-Noosphere Studies of the National Academy of Sciences Republic of Armenia, Researcher, (+374)97231111, valerialexanyan49@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 02.02.2026թ.

Գրախոսվել է՝ 27.02.2026.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.04.2026թ.