

ЯСАН ЭДЛЭЛИЙН ДИЖИТАЛ БАРИМТЖУУЛАЛТЫН АРГА ЗҮЙ

Э. Билгүүн^{1,*}, Ч. Амарбилэг²

Товч агуулга: Хүн төрөлхтний түүхийг эргэн сөхвөөс тэд эрт цагаас байгаль дээр элбэг олох материал болох чулуу, мод, яс зэргээр багаж хэрэгслээ хийж байжээ. Археологийн малтлага судалгааны үр дүнд илрэн олддог органик гаралтай эд зүйлс болох мод, ясаар хийсэн эд өлгийн зүйлс нь ихэнх тохиолдолд анхны байдлаа бүрэн алдаж зарим тохиолдолд фото зураг л бидэнд үлдэх тохиолдол байдаг. Бид энэхүү өгүүлэлдээ малтлага судалгаагаар илэрсэн органик гаралтай олдвор хэрэглэгдэхүүнийг энгийн бөгөөд үр дүнтэй дижитал баримтжуулалтын арга зүйгээр баримтжуулах талаар авч үзсэн болно. Үүний хүрээнд Монгол Улсын Их Сургуульд хадгалагдаж буй ясан болон эвэр эдлэлүүд дээр фотограмметр, LIDAR, гэрлийн сканер зэрэг технологийг ашиглан баримтжуулалтын ажлын товч үр дүнг танилцуулав.

Түлхүүр үг: Археологи, дижитал баримтжуулалт, ясан эдлэл, гурван хэмжээст баримтжуулалт

Удиртгал

Археологийн шинжлэх ухаанд баримтжуулалтын арга зүй нь хамгийн чухал зүйлсийн нэг билээ. Малтлага судалгаа, олдвор хэрэглэгдэхүүнийг гар зураг, гэрэл зураг хийж баримтжуулах нэн шаардлагатай хэдий ч энэ нь цор ганц, төгс арга зүй биш юм. Ил гарснаасаа эхлэн байгалийн болон хүний нөлөөлөлд автаж үндсэн төрх байдлаа алдаж, эвдэрч гэмтэж цаашилбал устаж үгүй болох эрсдэлтэй тулгардаг билээ.

Органик эдлэл нь орчин солигдсоноос үүдэн хугарах, хэлбэр дүрсээ алдах, тэр ч байтугай зарим тохиолдолд “шороо” болдог. Хадгалалтын горим алдагдах явдал нь соёлын биет өвийн механик гэмтэл элэгдлийг үүсгэх хамгийн эхний бөгөөд хамгийн том хүчин зүйл юм. Томас Куннын онолоор аливаа зүйл нэгэн зуун дамнахад шинэ технологи бидэнд шинэ парадигмыг авчирдаг (Houningen-Huene 2015). XXI зуун эхэлснээр бидэнд мэдээлэл, компьютерийн шинжлэх ухааны санал болгож буй технологи аливаа арга зүйг эргэн харж, хослуулан хэрэглэх хэрэгтэйг сануулж байна.

Дижитал археологи нь малтлага судалгаагаар илэрсэн бүхий л мэдээлэл болон малтахаар төлөвлөж буй газар, бүртгэлийн түүхийг судлахад тоон, тооцооллын арга зүйг ашигладаг салбар юм. Энэ нь малтлагын талбай, олдвор хэрэглэгдэхүүнийг баримтжуулах, дүн шинжилгээ хийх, тайлбарлах зэрэг газар зүйн мэдээллийн систем (GIS), 3D баримтжуулалт ба загварчлал, зайнаас тандан судлах,

өгөгдлийн үр дүнгийн шинжилгээ хийх программ хангамж, янз бүрийн шинэ технологийг ашигладаг.

Харин бид тус өгүүлэлд 3D (3-dimensional) гурван хэмжээст баримтжуулалтын арга зүйг боломж, арга зүйн төрлүүд болон туршилт судалгааны талаар өгүүлэхийн зэрэгцээ археологийн малтлагын талбай, олдвор хэрэглэгдэхүүнийг дижитал орчинд, гурван хэмжээст баримтжуулалт үйлдэн хадгалах боломжтой хэмээн өөрсдийн санлаа дэвшүүлж байна. Энэхүү саналыг бодит болгох үүднээс бид гэрлийн сканер (Structured light 3D scanning technology), зургийн 3D баримтжуулалт (Photogrammetry), болон “LIDAR” сканерын арга зүйг ашиглав.

Аливаа объектыг гурван хэмжээст оруулахад ерөнхийлсөн хэд хэдэн арга зүй байдаг. Тухайлбал:

- “Laser triangulation 3D scanning technology” буюу лазераар гурвалжин биед үүсгэх замаар;
- “Structured light 3D scanning technology”, гэрлийн тусгал ашиглах;
- “Photogrammetry”, гэрэл зураг ашиглан polygon хэлбэр оруулах замаар;
- “Contact-based 3D scanning technology”, тусгай мэдрэгчтэй багаж ашиглан гурван хэмжээст оруулах;
- “Laser pulse-based 3D scanning technology” биет дээр лазер тусгах хугацааг тооцоолон гурван хэмжээст оруулах, ерөнхий таван арга зүй байдаг.

Хээрийн судалгаанд буюу томоохон талбайд лазер арга LIDAR болон фотограмметр арга зүйг тохиромжтой, харин олдвор хэрэглэгдэхүүнийг гурван хэмжээст оруулахад гэрлийн болон фотограмметр арга боломжтой хэмээн үзэж хэд хэдэн туршилт хийсэн билээ.

Гэрлийн сканер нь гэрлийн тусгалын ашиглан төхөөрөмжөөс объектод хүрэх хугацааг тооцоолон гурван хэмжээст дижитал орчинд оруулдаг (Curless 1999; Hammoudi 2011: 49–50). Тус арга зүй нь 1830 онд

¹ Чингис хааны өв соёлын хүрээлэн

* Холбоо барих зохиогч: bilguun.has@gmail.com

² МУИС, Археологийн судалгааны төв

Францын уран бүтээлч Франца Виллэмийн (François Willème) санаачилсан гэрэл зураг, уран баримлын арга зүйн баримталдаг (Walters, Thirkell 2007: 232–245).

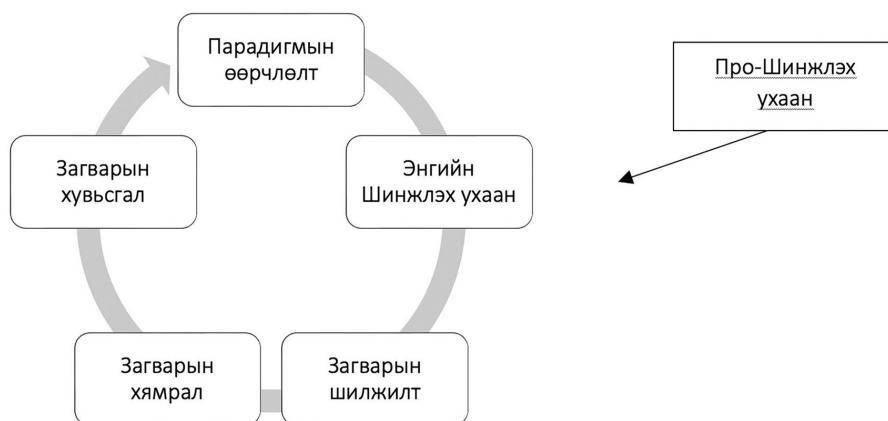
Гэрэл зургийг эвлүүлэх замаар фотограмметр (photogrammetry) арга зүйгээр мөн гурван хэмжээст оруулдаг бөгөөд бид судалгаанд хамрагдаж буй олдворуудыг МУИС-ийн Антропологи, Археологийн тэнхимийн Археологийн лабораторийн “Einscan SP” загварын гэрлийн сканер, мөн “Agisoft metashape” программ ашиглан баримтжуулалтыг гүйцэтгэв.

Бэлдсэн талбайд суурилуулах болон гар аргаар хийх боломжтой. 4.2 кг хүнд, 570x210x210мм хэмжээтэй. Цэг хоорондын зай 0,17-0,2 мм.

Шаардлагатай үйлдлийн систем: Windows 7, 8.1, 10, 11 (64 bit).

Шаардлагатай компьютерийн үзүүлэлт:

“NVIDIA” график картын “GTX 660” загвараас дээш (AMD дэмжихгүй). Процессор, Intel 5, Ryzen 5 (dual core)-оос дээш. Хурдан санах ой, 2 gb VRAM болон 16 GB+ RAM, оролт USB 2.0 ба 3.0.



Зураг 1. Томас Куннын шинжлэх ухааны парадигмын онолын загвар



Объектын хэмжээ: 700x700x700-200x150 харьцаатай объектыг сканер хийх хүчин чадалтай

Давуу тал: Дэлгэцийн цагаан гэрлийн сканер, хамгийн хурдандаа 1 секундэд 25 дүрс авах чадалтай, удаандаа 4 секундэд 1 дүрс авах, RGB (Red Green and Blue) гэрлийн өнгө ашигладаг, жижиг объектыг сэргээн засварлах, оновчтой мэдээлэл цуглуулах,

Нарийвчлал ≤ 0.05 .

Сул тал: Хар бараан, гялгар зүйлийг танихгүй. Камерын мегапиксел (megapixel) 1.3.

“Einscan SP” буюу гэрлийн тусгал, гэрэл зураг ашигладаг төхөөрөмж нь “Structured light technology” ашигладаг (Хүснэгт 1). Давуу тал нь, судалгааны хэрэглэгдэхүүнийг тусгай тавцан байршуулан автоматаар гурван хэмжээст оруулдаг. Сул тал нь, хар бараан өнгийн, гэрэл ойлгодог объект, жижиг объектын баримтжуулалт хийхэд чанар муутай гардаг.

Гэрэл зургийг нэгтгэх (Photogrammetry) арга зүй нь гэрэл зургийн хэмжил зүйд үндэслэн гурван хэмжээст нийцүүлэх технологи юм. Бид судалгаандаа “Agisoft Metashape Pro” программ, “Nikon D7000” дуран 18-200 мм, 85 мм тасго дурангаар олдворын зураг авч баримтжуулан “Legion 5 15ARH05H” зөөврийн компьютер ашиглан гүйцэтгэв.

Фотограмметрийн үндсэн зарчим нь гурвалжин

юм. Энэхүү арга зүй үүссэн цаг үе гэрэл зургийн үүсэлтэй зэрэгцдэг. Анхлан XIX зууны эхэн үед Францын цэргийн хурандаа Аиме Лаусседат (Aime Laussedat) агаарын зураг, дараагаар Австрийн цэргийн ахмад Теодр Шаймпflug (Theodor Sheimpflug) бүсчлэн ойлтыг боловсруулснаар Орто-Фотограф үүсгэж улмаар Доктор Карл Пуофрич (Carl Pulfrich) анхны “Stereocomparator” зохион бүтээснээр фотограмметрийн эхлэлийг тавьсан хэмээн үздэг (Buzón et al. 2021; Gosh 1981: 20–25).

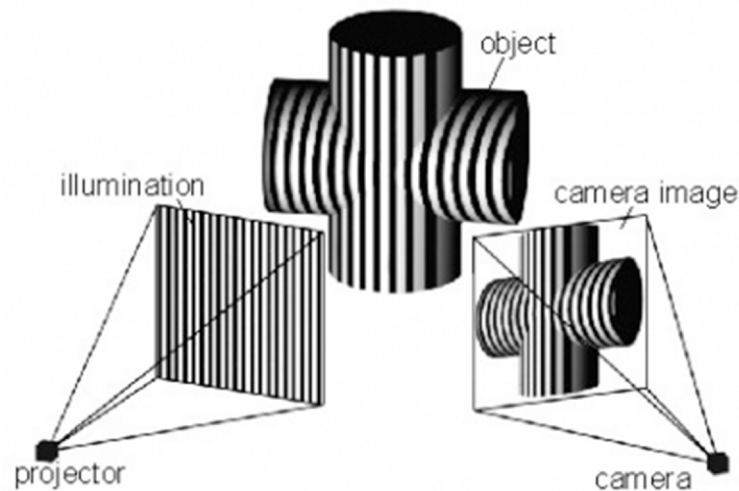
Манай улсын хувьд анх 2007 онд Архангай аймгийн Хотонт сумын нутагт орших Хар балгас хотын талбайг гурван хэмжээст лазер сканер ашиглан дэвсгэр зургийг хийжээ. Тус сканер нь 400 м хүртэлх зайтай хэмждэг бөгөөд миллиметрийг арав хуваасантай тэнцэх нарийвчлалтай зураг бүтээгдсэн (Эрдэнэбат 2012).

Өвөрхангай аймгийн Хархорин сумын нутагт орших Хархорум хотын гурван хэмжээст загварыг “XIII зууны Монголын эзэнт гүрний нийслэл Хархорум хотын виртуал байгуулалт” нэртэй төслийн хүрээнд МУИС-ийн Хэрэглээний математикийн тэнхимийн профессор А.Энхбаяр удирдаж, Монгол-

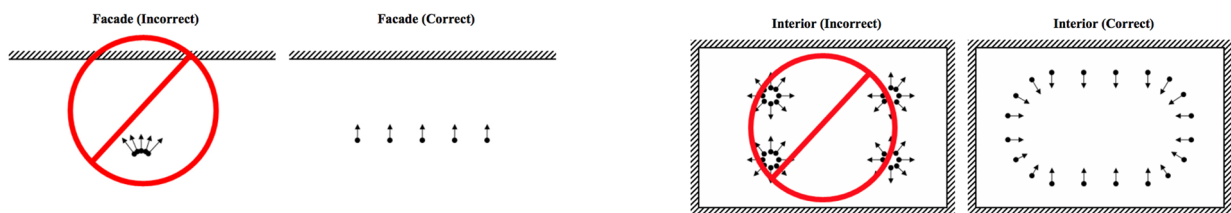
Германы Орхон төслийн Монголын талын удирдагч, МУИС-ийн Антропологи, Археологийн тэнхимийн профессор доктор У.Эрдэнэбат, Монгол улсын зөвлөх архитектор, доктор З.Оюунбилэг, зураач Д.Ганзориг, 3D артист Д.Баяр, МУСГЗ зураач Т.Мандир нар зөвлөхөөр ажиллаж, МУИС-ийн ХШУС-ийн Компьютер график, мультимедиа судалгааны лабораторийн Х.Оюундолгор багштай мэргэжлийн ангийн оюутнууд, МУИС-ийн дэргэдэх гарааны “Дижитал солиушнс” компани хамтран хийсэн байдаг (Эрдэнэбат 2020: 7–14).

Мөн 2021 онд Булган аймгийн Дашинчилэн сумын нутаг дахь Хар бухын балгас, Завхан аймгийн Алдархаан сумын Яруугийн хүрээний турь, Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын нутаг дахь Дэмчигийн хийд, Булган аймгийн Хутаг-Өндөр сумын Бийбулагийн балгас зэрэг нийт 10 байгууламжийн гурван хэмжээст тоон загварыг сканердсан байна (Санжмятав 2021: 7–13).

Agisoft Metashape: Гар аргаар хүссэн өнцгөөс хязгааргүй зураг авч нийлүүлэх хүчин чадалтай. Гэрэл зургийг LIDAR, Laser Scanner-ийн мэдээллийг нэгтгэж болдог.



Зураг 2. Гэрлийн тусгал ашиглан гурван хэмжээст сканер хийх технологийн ажиллах зарчим



Зураг 3. Фотограмметр аргаар зураг авах арга зүй

Шаардлагатай үйлдлийн систем: Windows 7+ (64bit), MacOS (M1, M2, M3), Linux.

Шаардлагатай компьютерийн үзүүлэлт:

Intel, Ryzen 4-12 core-тай процессор, Atalle M1/M2, 2.0+ GHz, NVIDIA, AMD (GTX 780 Ti+, Radeon R9 290X+) -тай график карт, хурдан санах ой 16-32gb RAM.

Объектын хэмжээ: Фотограмметр аргаар хамгийн жижиг биетээс, бүхэл бүтэн хотын 3D сканер хийх хүчин чадалтай.

Давуу тал: сүүдрийн арилгах, texture-ээс модель хийх, нягтралын индексийг тодорхойлох, ашиглах болох олон төрлийн мэдээлэл боловсруулах, Дроны зураг ашиглах, хот суурин, булшны сканер хийх давуу талтай.

Сул тал: Олон үе шат дамждаг тул цаг хугацаа шаардана. Өртөг өндөртэй (нэг сарын төлбөр 179\$, мэргэжлийн хувилбар 3499\$).

Бидний цуглуулсан хэрэглэгдэхүүн дунд эвдэрч гэмтсэн, анхны хэлбэрээ алдсан хэд хэдэн хэрэглэгдэхүүн тааралдсан юм. Бид энэхүү судалгаандаа МУИС-ийн Антропологи, Археологийн тэнхимд хадгалагдаж буй ТУК-74 (Архангай аймгийн Өгийнуур сумын Тамирын Улаан Хошууны 74-р булш)-ны 2 ширхэг нумын бариулын наалт, ААТ-1227

(Баянхонгор аймгийн Өлзийт сумын Соёот Хүрмийн 2-р булш)-ны 2 ширхэг ясан чимэглэлийг “Einscan SP” үйлдлийн систем ашиглаж хийсэн. Фотограмметр аргаар ААТ-10 (Архангай аймгийн Батцэнгэл сумын Эмээл толгой)-н ясан эдлэл, ААТ-37 (Архангай аймгийн Өгийнуур сумын Бурхан толгой)-н ясан иштэй багс, мөн Тамирын улаан хошууны 72-р булшийг фотограмметр аргаар баримтжуулав.

Тамирын Улаан Хошууны 74-р булш. “Тамирын голын Хүннүгийн Эрдэнэс-2” төслийн хүрээнд МУИС-ийн Археологийн судалгааны төвийн хээрийн судалгааны ангийн 74-р булшны малтлагын явцад хос нумын бариулын наалт олдсон (Төрбат нар 2022: 40). Нумын бариулын наалтын нэг үзүүр нь хугарсан 30.5 см урт, 3.5 см өргөн, 0.4 см зузаантай, дээрээ давхиж буй амьтны дүрслэлтэй. Археологийн олдворыг “Einscan SP” болон фотограмметрийн “Agisoft Metashape” программ ашиглан 42 зураг авч эвлүүлэн баримтжуулалт хийв.

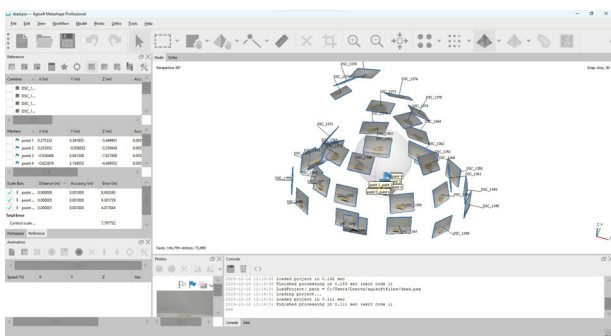
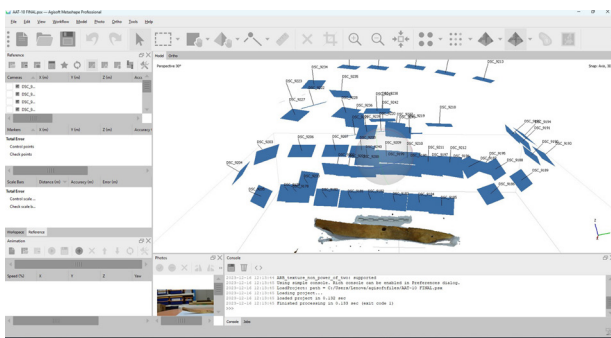
Фотограмметр арга зүйгээр баримтжуулалт тус эдлэл дээрх чимэг дүрслэл, зураас зэргийг харахын тулд өнцөг солих шаардлага үүсэж байна. Зураг 5-т үзүүлсэнчлэн 90° өнцгөөс дээрх дүрслэл үл үзэгдэх ч 45° өнцгөөс тод харагдаж байна. Гэсэн хэдий ч хэмжээг зөв оруулахын тулд хамгийн багадаа 3 хэмжээг жишээ болгон тавьж гараар оруулах шаардлагатай юм. Мөн тус дүрслэлийн зарим тухайлбал гол хэсгийг зураас 2 хэмжээст зурагт үзэгдэхгүй байсан гэдгийг онцлох хэрэгтэй.

“Einscan SP” төхөөрөмж дээр баримтжуулахад хэлбэр дүрсний хувьд урт нарийн олдворыг байршуулахад асуудалтай байв. Тухайлбал, суурь хэсэгт тогтоход нэмэлт тогтоох суурь хэрэглэх шаардлагатай ба сууринаас илүү гарсан хэсэг баримтжуулалтад ороогүй байдлыг харж болно. Баримтжуулалтын үед суурь эргэх үед доржилт үүсэн хөдөлдөл (Зураг 6). Мөн нумын бариулын наалт дээрх дүрслэл төдийлөн тод биш ч харагдаж байна.

Дээрх хоёр арга зүйгээр гурван хэмжээст баримтжуулалт хийснээр нумын бариулын наалт дээрх бүдэг дүрслэлийг харж, наалт тогтоох сараачмал зурааснаас гадна, зориудаар дүрс үүсгэсэн зураасан хээ, дүрслэлийг харах боломж олгож байна.

Цуглуулсан мэдээллээр лазер сканнер аргыг археологийн шинжлэх ухаанд анх 2002 онд Английн Вилтшайрт /Wiltshire/ орших Стоун Хейнжд /Stonehenge/ археологич Ж.С.Ричардаар удирдуулсан Вессексийн археологийн судалгааны баг 53-р чулуун байгууламжийг археологийн малтлага судалгааны ажил хийж хүрэл зэвсгийн үеийн чулуун сүх болон өөр бусад олдворын хамтаар илрүүлжээ. Тухайн чулуун сүхийг сайн ажиглавал дээрээ хээ чимэглэлтэй байсан нь мэдэгдэж лазер сканер технологийг ашиглан хүний нүдэнд төдийлөн сайн харагдахааргүй

Metashape



хээ чимэглэлийг тодорхойлсон байна (Goskar et al. 2003). Бидний туршилтаар хүний нүдэнд үл харагдах чимэглэлийг мөн лазер технологиор хийх боломжтой мэт санагдана.

AAT-1227. Баянхонгор аймгийн Өлзийт сумын нутагт Монгол-Хятадын хамтарсан “Түйн гол” археологийн хээрийн шинжилгээний анги 2019 онд

Соёот хүрмийн 2-р Хүннү булшнаас дээрээ сийлмэл зурагтай 2 ширхэг ясан чимэглэл олсон. Тус ясан чимэглэл төв хэсэгтээ сур оруулах нүхтэй, зүүн хэсгээс 11 ширхэг олон салаа мөчиртэй мод, 2 уулыг дүрсэлсэн, баруун талдаа гурван уултай, зургаан гөрөөс давхиж буй байдлаар сийлсэн 16,3 см урт, 2,3 см өргөн, 0,1 см зузаантай. 2-р ясан чимэглэл хугарч



Зураг 4. Тамирын Улаан хошууны 72-р булины фотограмметр аргаар хийсэн 3D баримтжуулалт



Зураг 5. Тамирын Улаан хошууны 74-р булинаас гарсан нумын бариулын наалтыг фотограмметр аргаар хийсэн загвар 1-р наалт



Зураг 6. Тамирын Улаан хошууны 74-р булинаас гарсан нумын бариулын наалтыг “Einscan SP” төхөөрөмж ашиглан хийсэн загвар 1-р наалт

эвдэрсэн зүүн талдаа тохом дэвссэн морьтой хүнийг хувцас, гуталтай нь дүрсэлсэн, хүний нүүр хэсэг арилсан, төв хэсэгтээ хоёр аргаль, баруун хэсэгтээ найман мод, гурван аргаль дүрсэлсэн, 8 см урт, 2,4 см өргөн, 0,1 см зузаан. Баримтжуулалтыг “Einscan SP” сканер ашиглаж, баримтжуулалтын ажлыг гүйцэтгэв.

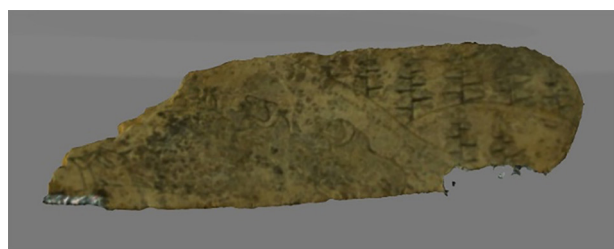
Баримтжуулалтаас үзвэл өмнөх туршилттай ижлээр (Зураг 6, 7) урт нарийн эдлэл сканер хийх талбайд багтаагүйгээс, хийж байх үед хөдөлсөн байдал ажиглагдаж байна. Харин 2-р ясан чимэглэл (Зураг 8) хэмжээний хувьд 8 см урт тул дээрх хээ чимэглэл, харьцангуй тод гарсан байна. Түүний өөр нэгэн хугархай хэсэг (зураг 9) жижиг хэмжээтэй байгаа бөгөөд сканер хийхэд дүрс нь бүдэг байгаа нь ажиглагдаж байна. Дээрх гурван хэмжээст объектуудыг өөр нэгэн программ (maya 3d, blender) ашиглан цахим орчинд дахин эвлүүлэх буюу нөхөн сэргээлт хийх боломжтой мэт санагдана.

Цаашлаад эх файлыг meshlab 2020.12 программд оруулснаар бид зуун мянганы нарийвчлалтай хэмжээ авах боломж олгож байна. Тухайлбал, ААТ-1227, 2-р ясан чимэглэлийн зузаан (Distance M1: 0.850247) 0.8 см өргөн, модны мөчрийн уртын хэмжээ (Distance M0: 2.372165) 2.3 см хэмжээтэй.

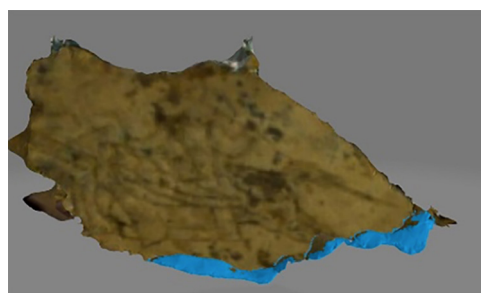
ААТ-10. Архангай аймгийн Батцэнгэл сумын Эмээл толгойн хүннү булшны малтлагаас хоёр хэсэг болон хугарсан бод малын хавирганы 2 үзүүрийг засаж янзлан хийсэн сийлбэртэй ясан эдлэлийг нөхөн сэргээлт хийж наасан. Хавирганы дотор хэсэгт зураасан урлагийн арга ашиглан зүүн хэсгээс саглагар сүүлтэй үнэг, салаа мод, буга дүрслэхдээ эх биеийн арьс, үсийг төлөөлүүлэн ташуу зараас татсан, соотойсон чихтэй мөн арьс, үсийг төлөөлүүлэн ташуу зураас татсан чоно эсвэл нохой маягийн амьтан, том саглагар мод, тоног хэрэгсэлгүй морь, мөн 2 тамга тэмдгийн дүрслэлтэй. Ялтасны гол хэсэг нүхэлсэн.



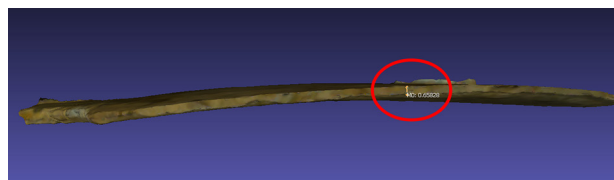
Зураг 7 ААТ-1227, 1-р ясан чимэглэл



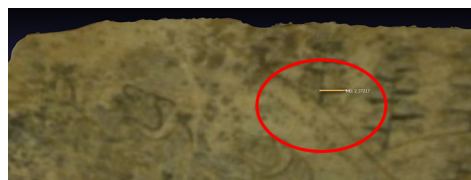
Зураг 8 ААТ-1227, 2-р ясан чимэглэл



Зураг 9 ААТ-1227, 2-р ясан чимэглэл, баруун хэсэг



Зураг 10 ААТ-1227, 2-р ясан чимэглэл, зузааны хэмжээ



Зураг 11 ААТ-1227, 2-р ясан чимэглэл, модны мөчрийн уртын хэмжээ

Тус нүх нь өрөмдсөн шинж үгүй, үзүүртэй шөвөг маягийн багаж ашиглаж цоолсон мэт харагдах ясан эдлэл гарсан. Нийт урт 24,9 см, үзүүр хэсгийн өргөн 1,6 см, гос хэсгийн өргөн 2,8 см, 0,8 см зузаан, төв хэсэгт буй нүхний голч 0,78x0,70 см.

Хавирганы хэлбэр, тогтооход хялбар бус байсан тул гурван хэмжээст баримтжуулалт хийхэд бас нэгэн сорилт болсон (зураг 12, 13). Бидний фотограмметр арга зүйгээр хийсэн модель нь зураасан хээ бүхий талыг 270° хэмтэйгээр үзэх боломжийг олгож байна.

AAT-37. Архангай аймаг, Өгийнуур сум, Бурхан



Зураг 12 AAT-10 Архангай аймгийн Батцэнгэл сумын Эмээл толгойн ясан эдлэл



Зураг 13 AAT-10 Архангай аймгийн Батцэнгэл сумын Эмээл толгойн ясан эдлэл (хажуугаас)

болох нь тодорхой байна. Үүнтэй төстэй маягийн эдлэл болох ясан “сойз” Хятан гүрний үед холбогдох сууринаас илэрдэг. Нийт урт- 10,6 см, Зузаан ховилгүй үзүүрээс эхлэн 0.53x0.42 см, 0.6x0,45 см, 0.67x0.41 см, гадна хэсгээс ховилын голч 1) 0.57 см, 2) 0,59 см, дотор голч 1) 0.38 см, 2) 0,40 см, амсрын зузаан 0,96 см. Цилиндрийн өндөр 1 см, ишний үзүүр хэсэг 1,1 см, 1 ба 2-р ховилыг тусгаарлаж буй хэсгийн урт 0,43 см.

Түүнчлэн, бид булшны малтлага судалгааг гурван хэмжээст баримтжуулалтын арга зүй ашиглаж болох

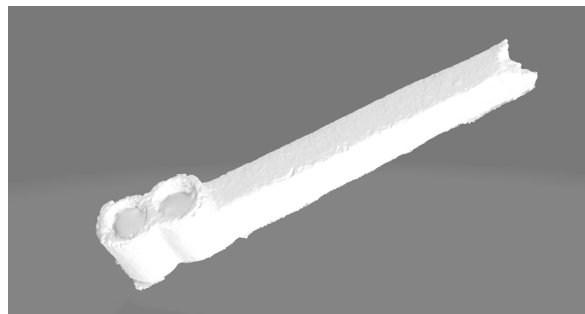
оролдлогыг хийсэн юм. Архангай аймгийн Өгийнуур сумын Тамирын Улаан хошууны 74-р булшны малтлага судалгаагаар малтлагын 3-р үе (зураг 17), 74b булшны 3-р үеийг (Зураг 18) 3D баримтжуулалтыг “Polysam IOS” үйлдлийн системийн “iPhone 12 Pro max” маркийн гар утасны “LiDAR” төхөөрөмжийн ашиглан гүйцэтгэв. Мөн 72-р булшны 4-р үеийг фотограмметр арга зүйгээр баримтжуулалт үйлдэв (Зураг 4). Баримтжуулалтыг хийхдээ бид (Зураг 3б)-д харуулсанчлан тус дурсгалыг (Зураг 19) үзүүлснээр хийсэн нь бидэнд доорх үр дүнг үзүүллээ.



Зураг 14 Архангай аймгийн Өгийнуур сум Бурхан толгойн ясан иштэй багс (1)



Зураг 15 Архангай аймгийн Өгийнуур сум Бурхан толгойн ясан иштэй багс (2)



Зураг 16 AAT-37, Solid model

Булшны малтлагын үеийн баримтжуулалтыг хийснээр бид нарийвчлалтай хэмжээ бүхий цахим мэдээллийн сан бүрдэх, үе давхаргын зураглал хийх, булшинд дагуулсан эд зүйлсийг анхны байдлаар нь гурван хэмжээст баримтжуулах зэрэг олон давуу талыг бидэнд олгож байна.

Ухаалаг гар утасны “LIDAR” төхөөрөмжийг ашигласнаар 0,01 буюу 1 мм алдаа бүхий хэмжээсний нарийвчлалтай баримтжуулалт хийх бололцоог олгож байна. Бидний туршилтаас авч үзэхэд булшны малтлага судалгааг хийх үед гурван хэмжээст баримтжуулалтыг малтлагын үе бүрд хийх нь тохиромжтой ба “Total station”-ны мэдээлэлтэй хавсаргаж ашиглах нь бидэнд илүү цогц мэдээлэл өгч, data visualization мэдээллийг нүдэнд харагдуулах боломж олгоно. Ингэснээр цогц дурсгалыг нийт талбайгаар нь, цаашлаад бүхэл бүтэн оршуулгын газрыг хэрхэн байгуулсан, булшны малтлагын үе бүрийг баримтжуулснаар анхны зохион байгуулалтыг

илүү том зургаар гурван хэмжээст ертөнцөд хийх боломжтой үүсэн гэдэгт итгэлтэй байна. Магадгүй тус арга зүй нь археологийн малтлагын талбайг ил музей болгох төсөл санаачлалыг хялбаршуулах хялбар гарц байж болох юм.

Дүгнэлт

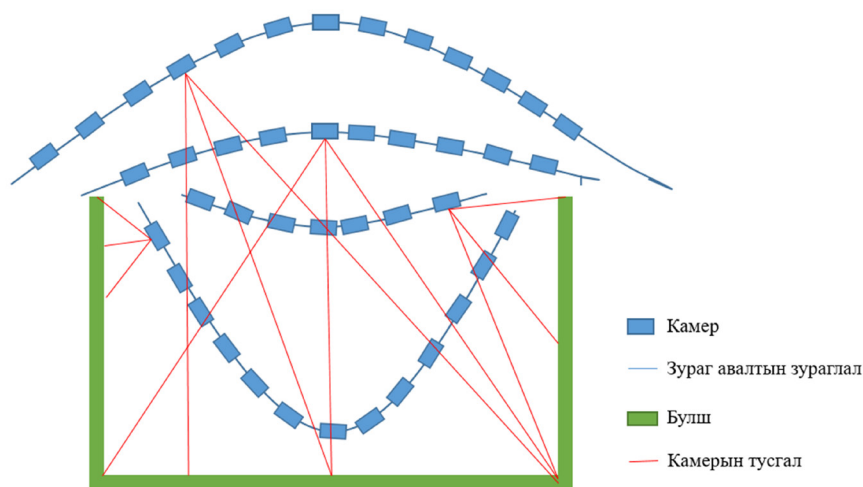
Археологийн малтлага судалгаагаар гарсан ясан эдлэлийг дижитал орчинд баримтжуулалт хийх, судалгаа хийх, засварлахад хялбар хэрэглэгдэхүүн болно. Харин баримтжуулалтын үйл явж төдийлөн хялбар биш. Тухайлбал, “Einscan SP” төхөөрөмжийг ашиглахад дүрсний чанар муу хэдий ч дижитал хэлбэр нарийвчлалтай ба хэмжээ оруулахад хялбар байна. Харин фотограмметр арга зүй нь ашиглах гэрэл зургийн аппаратаас шалтгаалан зургийн дүрсний чанар өндөр, хэмжээ оруулахад нарийн төвөгтэй, цаг хугацаа их шаардаж байна. Туршилтаас үзэхэд тус 2 программыг



Зураг 17. Тамирын Улаан хошууны 74-р булш



Зураг 18. Тамирын Улаан хошууны 74В булш



Зураг 19 Булшны малтлагын гурван хэмжээст баримтжуулалт хийх арга зүй

хоршуулан баримтжуулах нь тохиромжтой.

Археологийн олдворыг цахим орчинд олдворыг эх хувилбарыг баримтжуулж цахим орчинд судлах боломж, цаашлаад цахим музейд байршуулах давуу талтай. Цаашлаад хамгийн гол үр дүн нь археологийн малтлага судалгаанаас илэрсэн органик гаралтай олдворыг олон удаа гаргаж гэмтээлгүйгээр судлах боломжийг олгож буй явдал юм.

Олдворуудыг гэмтэх, устгах байдалд орсон олдворыг цахим орчинд сэргээн засварлах, гурван хэмжээст мэдээллийн санг баяжуулж, анхны байдлаар нь хадгалах чухал ач холбогдолтой туршилт болсон.

Булш оршуулгын малтлагыг фотограмметр болон гар утсаны “LIDAR” төхөөрөмжөөр баримтжуулах бүрэн боломжтойг бид судалгаагаар баталлаа. Улмаар малтлагын үе бүрийг “GPS” төхөөрөмжтэй харгуулан ашигласнаар дурсгалын, цогцолборын мэдээллийн санг өөрийн биеэр харж нягтлан судлах боломж, цахим музейг байгуулах бүрэн боломжтой юм.

Abstract

METHODOLOGICAL APPROACHES TO DIGITAL DOCUMENTATION OF BONE ARTEFACTS

by Erkhemjargal Bilguun and Chinbat Amarbileg

Throughout human history, ancient people crafted tools from common materials like stone, wood, and bone. The preservation challenges posed by organic artifacts, such as those made from wood and bone, are evident in archaeological excavations. Frequently, these objects have undergone substantial deterioration, losing their original state. In certain instances, the sole remnants are photographs. This article discusses a digital documentation method for organic artifacts discovered in archaeological excavations. Within the research, we will briefly outline the documentation results achieved through technologies like photogrammetry, LIDAR, and light scanners applied to bone and horn items held at the National University of Mongolia.

Keywords: Archaeology, digital documentation, bone objects, 3D documentation

Ном зүй

Санжмятав, Н. (2021). Археологийн судалгаанд гурван хэмжээст тоон загварыг ашиглаж бололж, товч үр дүн. “Монголын археологи-2021” эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл. УБ.

Төрбат, Ц., Амарбилэг, Ч., Энхбаяр, Г., Золжаргал, А., Ундрал, Б., & Билгүүн, Э. (2022). “Тамирын голын

хүннүгийн эрдэнэс-2” төслийн хээрийн шинжилгээний ажлын товч үр дүн. “Монголын археологи- 2021” эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл. УБ.

Эрдэнэбат, У. (2012). Археологийн үндэс-Судалгааны аргазүй (сурах бичиг). УБ.

Эрдэнэбат, У. (2020). Хархорумын 800 жилийн ой. “Монголын археологи-2020” эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл. УБ.

Buzón, C., Perez-Romero, A., Castro, J. L., Ben Jerbania, I., Manzano-Agugliaro, F. (2021). Photogrammetry as a New Scientific Tool in Archaeology: Worldwide Research Trends. Sustainability, 13, 5319. <https://doi.org/10.3390/su13095319>

Curless, B. (1999). From Range Scans to 3D Models. SIGGRAPH Comput. Graph., 33(4), 38–41. <https://doi.org/10.1145/345370.345399>

Gosh, S. (1981). History of Photogrammetry (1st ed.). Laval University.

Goskar, T. A., Carty, A. T., Cripps, P. J., Brayne, C., Vickers, D. (2003). The Stonehenge Laser Show. British Archaeology, 8–13. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:159528658>

Hammoudi, K. (2011). Contributions to the 3D city modeling : 3D polyhedral building model reconstruction from aerial images and 3D facade modeling from terrestrial 3D point cloud and images [Univerisite Paris- Est]. https://theses.hal.science/tel-00682442/file/TH2011PEST1160_complete.pdf

Hoyningen-Huene, P. (2015). Kuhn’s Development Before and After Structure. In W. J. Devlin & A. Bokulich (Eds.), Kuhn’s Structure of Scientific Revolutions - 50 Years On (pp. 185–195). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13383-6_13

Walters, P., Thirkell, P. (2007). New technologies for 3D realization in Art and Design practice. Artefact: Journal of Design Practice, 1(4), 232–245. <https://doi.org/10.1080/17493460801980016>

