

ӘОЖ 902/904

**АРХЕОЛОГИЯЛЫҚ ВИЗУАЛИЗАЦИЯДАҒЫ ФОТОГРАММЕТРИЯЛЫҚ  
ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

**Әбілбекұлы Әділ**

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті  
2 курс магистранты

**Кіріспе.** Фотограмметрия археологиялық визуализацияда соңғы жылдары жаппай қолданылып жүрген тиімді әдістердің бірі. Қазіргі уақытта фотограмметрия терминінің бірнеше анықтамасы белгілі. Ең жиі қолданылатын үшеуіне тоқталатын болсақ: 1) фотобейнесі бойынша нысандардың көлемі, өлшемі, қалыбы және басқа да сипаттамаларын

анықтаумен шұғылданатын ғылыми-техникалық пән [1, 449]; 2) фотограмметриялық түсірілім нысандары туралы геометриялық және семантикалық ақпаратты фотограмметриялық кескініне қарау арқылы алатын ғылыми пән және техниканың бір саласы [2, 1]; 3) фотографиялық бейнесін өлшеу арқылы нысандардың өлшемін, көлемін және кеңістіктегі қалыбын анықтаумен айналысатын ғылыми-техникалық пән [3, 87]. Кейбір археологтардың үшінші анықтамаға сүйенетіндігі аңғарылады [4, 148, 5, 618]. Зерттеушілер фотограмметрияның негізгі екі бағыты ретінде мыналарды: түсірілімдерді (фототопография) пайдаланып карталар мен жоспарлар жасау және түрлі салалардағы қосалқы міндеттерді шешуді (жер үсті, қосалқы фотограмметрия) атайды [5, 618].

Фотограмметрияны кейбір ғалымдар structure from motion (SFM) және/немесе multi-view stereo (MVS) технологиялары деп те атайды [6, 55]. Бұлар алыс жақын шетелдерде археологиялық сәулет ескерткіштерін, in situ қазба барысын, жәдігерлерді [6, 55], петроглифтерді, көне түркі руна жазуларын және т.б. үшөлшемді құжаттау үшін қолданылады.

Археологиялық зерттеу нысандарының сандық көшірмесін жасау үшін фотограмметрия әдісін қолдану далада жұмыс істейтін қазақстандық археологтар үшін де қалыпты жағдайға айналып келеді.

**Өзектілігі.** Қазақстан жері түрлі археологиялық ескерткіштерге толы. Әрбір қазба маусымында ел тарихына елеулі толықтырулар мен тың жаңалықтар әкелетін жаңа нысандар ашылып жатады. Олардың ашылу сәтін егжей-тегжейлі құжаттап тіркей отырып бүлдірмей қазып алу, табылған жәдігерлерді жаңғырту, ғылыми айналымға енгізу, көпшілікке насихаттау іс-шараларының барлығы қажырлы біраз уақытты, қажырлы еңбекті және көптеген қаржыны талап ететіндігі белгілі. Елімізде ауа-райы күрт құбылмалы және бірқатар аймақтарда өте қатаң болып келетіндіктен ірі қорғандардың кейбірін бір қазба маусымында қазып шығу мүмкін болмай жатады. Ал қоныстардағы қазба жұмыстары ондаған жылдарға дейін созылады. Бұрын-соңды қазылған ескерткішті қайта қалпына келтіру мүмкін емес болғандықтан [7, 10] оның аршылған әрбір қабатын асқан дәлдікпен тіркеп, жазып, бейнесін сақтап отыру міндетті іс шара. Осы орайда Қазақстан археологиясында енді ғана жандана бастаған фотограмметрия әдісі әмбебап және қаржылық жағынан тиімді болып келеді. Оны жақыннан да, қашықтан да (әуеден) жүзеге асыруға болады. Археологиялық экспедицияда қолданылатын құралдар мен көліктердің кез келген түрі (қарапайым баспалдақтан бастап жүк және әуе көліктеріне дейін) оған платформа бола алады [8, 374]. Зерттеушіге цифрлық фотопарат, ноутбук және арнайы бағдарламалар ғана қажет. Бұлардың барлығы қазіргі уақытта қолжетімді нәрселер. Кез келген археологиялық экспедиция бұндай құралдармен жабдықталған болып келеді. Бағдарламалардың көпшілігін тегін жүктеуге мүмкіндік бар [6, 55]. Жәдігерлердің бүлінген жоғалған бөліктерін де фотограмметрия әдісімен қалпына келтіре аламыз. Сондықтан аталмыш әдісті археолог-зерттеушілер арасында кеңінен насихаттау, археологияға маманданушыларға осы сала бойынша кәсіби білім беру аса маңызды. Өкінішке орай, елімізде фотограмметрия әдісін кеңінен қолданып жатқан зерттеушілер қатары көп емес. Фотограмметрияны оқыту бағдарламасына енгізген жоғарғы оқу орындары да әзірше санаулы. Сол себепті бұл тақырыпты жиі қозғап, шетелдік әріптестердің тәжірибесін насихаттап, ғылыми әдебиеттерде мәселе көтеріп отырудың маңызы зор.

**Мақсаты.** Археологиялық фотограмметрия әдісінің мүмкіндіктерін әлемдік тәжірибеге сүйене отырып түсіндіру, жетістіктерін насихаттау және кемшіліктерін анықтау.

**Тарихы.** Зерттеушілер фотограмметрияның түп-тамыры Қайта өрлеу дәуірінен бастау алады деп санайды және үшөлшемді әсері болуы үшін екі бөлек суретті біріктірген Альбрехт Дюрерді осы әдісті алғашқы қолданушы ретінде таниды [9, 5-6]. Фотограмметрияның қысқаша тарихын Р.А. Сингатулин [4, 149-151], И.Т. Антипов [10, 97-132] және Е.Д. Веприцкая [11, 136] өз еңбектерінде келтіріп өтеді.

**Талқылануы.** Фотограмметрия әдісі нысанның жан-жағынан түсірілген бірнеше фотосуретін қолдана отырып үшөлшемді сандық үлгісін жасауға мүмкіндік береді. Бұл

әдістің негізгі артықшылығы: түсірілген бейнелердің өте жоғары дәлдікте болуы, қолданудың қарапайымдығы және жұмыс барысының толықтай автоматтандырылуы [12, 16]. Фотограмметрия туралы айтқан кезде ғалымдардың аузына ең алдымен оның қол жетімділігі түседі. Әдетте оны баламалы технология – лазерлік сканерлеумен салыстырып, оған қарағанда шығынсыз әдіс деп санайды [7, 10-16; 5, 618]. Археологиялық жұмыстар барысын фотограмметрияны қолдана отырып 3D үлгісінде рәсімдеу үшін арнайы құрылғылар сатып алудың қажеті жоқ. Ол үшін кәдімгі фотокамера жеткілікті [7, 13], соңғы зерттеулер камералардың кәсіби және әуесқой түрлерінің қайсысын пайдаланса да аздаған кемшіліктер кететінін байқатып отыр [13, 84-87].

Фотограмметрияның шығынсыздығынан бөлек қасиеттері де көңіл аударарлық. Бұл технологияны қолдану кезінде үлгінің жасалу барысы суретке түсірген кезден-ақ басталып кететіндіктен үлкен нысандарды жедел тіркеуді қажет ететін немесе уақыт тығыз іссапарлар кезінде басқа 3D үлгілеу әдістеріне қарағанда анағұрлым тиімді болып келеді [6, 55].

Фотограмметрия технологиясының жүзеге асырылу кезеңдерін Е.Д. Веприцкая жақсы суреттеген: нысанды фотоға түсіру және негізгі өлшемдерін алу, суреттерді қажетсіз мәліметтерден тазарту, түсірілім нүктелерінің өзара орналасу тәртібін анықтау, нысанның «нүктелер бұлтын» белгілеп алу, тығыздалған «нүктелер бұлтын» құру, үлгісін жасау, текстура салу және соңғысы – үлгіні кеңістікте орналастыру және масштабтау үшін XYZ координаталарын беру [11, 138]. Бастапқы екі кезең далада атқарылады және жұмыстың сапасы мен нәтижесі осыларға тікелей тәуелді болып келеді. Ойдағыдай нәтижеге қол жеткізу үшін түсірілім барысын мұқият жоспарлау және ұйымдастыру қажет. Фотограмметрия құруға арналған бағдарламалар пикселдердің орналасуына және олардың түстеріне сүйеніп жұмыс атқаратындықтан нысанға түсетін жарық біркелкі болуы тиіс. Түсірілімнің арнайы алгоритмі және одан кейінгі бағдарламалық өңдеу қосалымды суреттердің бірнешеуінен үшөлшемді үлгілер жасауға мүмкіндік береді. Әрбір суретке түсіру сәтінде кейінгісі алдыңғысының кемі 70%-ын «жауып» отыруы тиіс, артынша арнайы бағдарламаларда алынған суреттерді салыстыра отырып ортақ нүктелерін анықтап, олардың арақашықтығы мен бұрыштары өлшенеді. Әрі қарай арнайы математикалық алгоритмдердің көмегімен нысанның үшөлшемді беті жасалып, оған текстура салынады. Алынған үшөлшемді үлгіге тірек нүктелері бойынша масштаб беріледі [7, 14].

Е.Д. Веприцкая 3D үлгі жасауға кемі 20-24 кескін керек десе [11, 138], О. Зайцева 40-60 кескін қажеттігін айтады. Сондай-ақ, О. Зайцеваның тәжірибесі бойынша фототүсірілім шамамен 15 минут уақыт алады, ал бағдарламада автоматты түрде өңдеуге 6 сағаттай уақыт кетеді [7, 14].

Үлкен нысандардың 3D үлгісін (қоныстар, қорғандар, қалашықтар) аэротүсірілім көмегімен жасайды [5, 619].

Фотограмметриялық мәліметтерді өңдеу үшін археологтар көбіне Agisoft PhotoScan бағдарламасын қолданады, сондай-ақ AutoDesk 123D Catch тегін бағдарламасын да атауға болады [7, 14].

Зерттеушілер фотограмметрияны 3D сканерлеу әдісімен ұдайы салыстыратынын жоғарыда айттық. Олардың басым көпшілігі фотограмметрия негізінен қол жетімділігі үшін ғана сұранысқа ие, ал дәлдігі жағынан 3D сканерлеуге жетері жоқ деп санайды. Сканерлеу мен фотограмметрия нәтижелерін салыстырғанда тегіс жердегі ауытқушылық 2,7 мм, ал ойыс немесе шығыңқы жерлерде 4 және 5 мм-ден басталып 24 мм-ге дейін кетіп қалады деп келтіреді [5, 58]. Фотограмметрия бойынша жазылған ғылыми әдебиеттерде мұндай мысалдар өте көп кездеседі.

Дегенмен, фотограмметрияның 3D сканерлеуден кем түспейтінін дәлелдеген зерттеушілер де бар. Атап айтқанда, Сисеро Морайс фотограмметрияның жеті жүйесін өзара салыстыра отырып оның дәлдік жағынан басқа технологиялардан еш кемдігі жоқтығына ерекше тоқталып өтеді. Ол өз әріптестерімен бірге Дармштадт университетінде жүзеге асырған жоба аясында жүргізілген зерттеулер кезінде бір бас сүйекті 3D сканерлеу және фотограмметриялау әдістерін қатар қолданып, алынған үлгілеу нәтижелерін өзара

салыстырғандағы ауытқушылық плюс-минус 1 мм құрағанын келтіреді [14, электронды ресурс].

Сондай-ақ, фотограмметрия жекелеген нысандармен (құрылыс қалдықтары, жерлеу орындары, жәдігерлер және т.б.) қатар, жергілікті жердегі бүтіндей бір аумақтың қираған жерлерін цифрлық қалпына келтіріп үшөлшемді үлгісін жасауға мүмкіндік беретін әдістердің бірі болып саналады. Фотограмметрияның стереофотограмметрия саласын қала немесе басқа да құрылыстардың ортасында қалған археологиялық ескерткіштерді зерттеп, үшөлшемді үлігісін жасауға мүмкіндік беретін технологиялардың бірегейі деуге болады [15, 6-7].

Фотограмметрияның артықшылықтарын санамалап болып, енді негізгі кемшіліктеріне тоқталар болсақ, ол алдымен тұлғалық факторға, яғни маманның біліктілігіне тәуелді болып келеді [6, 56]. Сондай-ақ оған далалық зерттеу жағдайында ауа-райы мен тәулік мезгілі (яғни, жарықтың түсуі) де өз әсерін тигізеді [11, 138]. Фотокамераның және өңдеу бағдарламаларының сапасы мен техникалық мүмкіндіктері де фотограмметрия әдісін қолдану нәтижелеріне тікелей ықпал ететіндігін айта кеткен жөн.

**Қорытынды.** Байқап отырғанымыздай фотограмметрия археология ғылымының дамуына, атап айтқанда артық бүлінусіз қазбалар жасауға, ескерткіштерді толығымен дәлмедәл құжаттауға, қираған, бүлінген жерлерін қалпына келтіруге, цифрлық үлгісін жасап, алыстағы зерттеушілерге қол жетімді етуге, жәдігерлерді музейлендіруге жаңа серпін беретін технология. Ғылыми әдебиеттерді талдау осы саланың елімізде кемшін қалып келе жатқанын байқатып отыр. О. Зайцеваның осыдан бес жыл бұрын 3D тіркеу және нәтижелерін визуализациялау Ресей ғылымында енді басталып келеді, 3D археологияға әзірше тек бірең-саран ғылым орталықтары ғана бет бұрды [7, 10] деген пікірі отандық археологиядағы осы саланың бүгінгі жағдайына сәйкес келеді.

Елімізде Саба обасы, Ботағай ескерткіші, Қосбатыр түркілік ғұрыптық кешені, Қарағанды облысындағы Сарыарқа пирамидасы [5, 619], Текеліден табылған будда стеласы [16, 606-612] тәрізді бірқатар археологиялық тарихи-мәдени нысандар фотограмметрия әдісімен зерттеліп, ғылыми айналымға енгізілді. Бұл археологиялық ескерткіштерге аса бай қазақ даласы үшін теңіздің тамшысындай ғана көрсеткіш.

Жалпы, біртіндеп фотограмметрия әдістері бойынша археологиялық қызмет түрлерін көрсететін «Археологиялық сараптама», «Виртуалды 3D археология» сынды жекелеген ұйымдар бой көтеріп келе жатқаны байқалады [17, 63].

Дегенмен, еліміз бойынша әзірше қазба барысының бастан-аяқ фотограмметриялық технологиялардың көмегімен құжаттағалғаны туралы бірде-бір ғылыми жарияланымды кездестірген жоқпыз.

Шетелдік ғалымдар өз тәжірибелерінде осы технологияның жетістіктерін барынша пайдаланып, жаһандық даму көшінен қалмай, өз елдеріндегі археология ғылымын елеулі түрде ілгерілетіп жатқан шақта фотограмметрия бойынша қазақ тіліндегі арнаулы оқу бағдарламаларын дайындап, археолог мамандарды әзірлейтін жоғары оқу орындарында бакалаврдегі міндетті оқу пәндерінің қатарына енгізу қажет. Сондай-ақ өзге елдердегі сияқты магистрлердің оқу бағдарламасына да оқу-тәжірибе жұмыстары ретінде енгізілуі тиіс [7, 16]. Бұны түрлі ғылыми мекемелермен, музейлермен бірлесе отырып атқарса тіптен жемісті болары сөзсіз. Осылайша мамандар бірден университет қабырғасынан дайындалып шығар болса болашақта Қазақстан археологиясын әлемдік деңгейге жеткізер еді деп санаймыз.

#### **Қолданылған әдебиеттер тізімі**

1. Иофис Е.А. Фотокинотехника. Энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1981. – 358 с.
2. ГОСТ Р 551833-2001 Фотограмметрия. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 14с.

3. Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Серапинас Б.Б., Филиппов Ю.А. Геоинформатика: толковый словарь основных терминов. М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.
4. Сингатуллин Р.А. Фотограмметрические технологии в археологии (краткий исторический очерк) // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – Тамбов: Грамота, 2018. №3 (29): в 2-х ч. Ч.1. – С. 148-152. - URL: [http://scjournal.ru/articles/issn\\_1997-292X\\_2013\\_3-1\\_41.pdf](http://scjournal.ru/articles/issn_1997-292X_2013_3-1_41.pdf). (дата обращения: 04.09.2019).
5. Асылбеков К.М. (2019б) Цифровая 3d-фиксация объектов культурного наследия Сарыарки // Маргулановские чтения – 2019: Материалы Международной археологической научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения выдающегося казахстанского археолога К.А. Акишева. – Нур-Султан, 2019. – С. 617-623. - URL: <https://yadi.sk/i/6ThTGhccMpPzhQ>. (дата обращения: 04.09.2019).
6. Вавулин М.В. Технологии трехмерной оцифровки крупных археологических объектов // Вестник Томского государственного университета. № 407. – С. 55-60. (2016). doi: 10.17223/15617793/407/9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-trehmernoy-otsifrovki-krupnyh-avtonomnyh-arheologicheskikh-obektov>. (дата обращения: 04.09.2019).
7. Зайцева О. «3D революция» в археологической фиксации в Российской перспективе // Сибирские исторические исследования, 2014. №4. – С. 10-20.
8. Miyatsuka Y. Archaeological real-time photogrammetric system using digital still camera. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1996. Volume 31, Pt. B5. – P. 374-377. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/3d-revolyutsiya-v-arheologicheskoy-fiksatsii-v-rossiyskoy-perspektive>. (accessed 04.09.2019).
9. Barrat R.P. Photogrammetry in Archaeology: Methodology and Uses, with Particular Regards to Accuracy // [Online]. 55 p. Available at: [https://www.academia.edu/9677591/Photogrammetry\\_in\\_Archaeology\\_Methodology\\_and\\_Uses\\_with\\_Particular\\_Regards\\_to\\_Accuracy](https://www.academia.edu/9677591/Photogrammetry_in_Archaeology_Methodology_and_Uses_with_Particular_Regards_to_Accuracy). (accessed 04.09.2019).
10. Антипов И.Т. Развитие фотограмметрии в России // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр.: сб. материалов пленарного заседания (Новосибирск, 19-29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. – С. 97-132.
11. Веприцкая Е.Д. Применение фотограмметрии для фиксации и моделирования памятников архитектурной археологии (на примере Башни Святого Константина в г. Федосия) // Архитектура: сборник научных трудов. Вып. 10. – Минск, 2017. – С. 136-141.
12. Лбова Л.В., Женест Ж.М. Трехмерная визуализация в археологии как научно-образовательный ресурс в Новосибирском государственном университете: возможности и ограничения // Вестник НГУ. Серия: История, филология, 2017. Том 16, №5: Археология и этнография. – С. 9-21. - URL: [http://vestnik.nsu.ru/historyphilology/16-5-lbova\\_jenest](http://vestnik.nsu.ru/historyphilology/16-5-lbova_jenest). (дата обращения: 04.09.2019).
13. Georgopoulos A. Photogrammetric Automation: Is it work? // Book of abstracts Symposium proceedings, International Workshop on Virtual Archaeology: Museums & Cultural Tourism, 23-26 September 2015, Delphi, Greece. – P. 84-87. doi: 10.5281/zenodo.204962. Available at: <http://maajournal.com/Issues/2016/Vol16-5/Full2.pdf>. (accessed 04.09.2019).
14. Moraes S. Comparing 7 photogrammetry systems. Which is best one? // [Online]. Available at: <http://arc-team-open-research.blogspot.com/2016/12/ comparing-7-photogrammetry-systems.html>. (accessed 04.09.2019).
15. Сингатуллин Р.А. Стереофотограмметрические методы в археологии (Исследование объектов археологического наследия в условиях городской застройки). Дис. канд. ист. наук: 07.00.06. – Казань, 2004. – 220 с.
16. Антонов М.А. Текелийская Буддийская стела: исследование методом фотограмметрии // «Маргулановские чтения – 2018. Духовная модернизация и археологическое наследие». Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Алматы – Актобе, 2018. – С. 606–612.

17. Әбілбекұлы Ә. Қазақстан археологиясындағы үш өлшемді визуализация: бүгінгі мен болашағы // «Қазақстанның рухани жаңғыру жағдайындағы отандық археология мен этнология ғылымының даму болашағы» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары / Жауапты ред. Б.К. Қалшабаева. – Алматы: Қазақ университеті, 2019. – 238 б.