

ISSN 2542-2332 (Print)
ISSN 2686-8040 (Online)

2026 Том 31, №2

НАРОДЫ И РЕЛИГИИ ЕВРАЗИИ



Барнаул

Издательство
Алтайского государственного
университета
2026

ISSN 2542-2332 (Print)
ISSN 2686-8040 (Online)

2026 Vol. 31, №2

NATIONS AND RELIGIONS OF EURASIA



Barnaul

Publishing house
of Altai State University
2026

СОДЕРЖАНИЕ

НАРОДЫ И РЕЛИГИИ ЕВРАЗИИ

2026 Том 31, № 2

Раздел I. АРХЕОЛОГИЯ И ЭТНОКУЛЬТУРНАЯ ИСТОРИЯ

<i>Ли Еюй</i> К вопросу о культурных взаимодействиях между Таримской и Ферганской впадинами в эпоху поздней бронзы.....	7
<i>Наджафов Ш.Н., Асадов В.А.</i> Печати и пинтадеры, относящиеся к ходжалы-кедабекской культуре: ареал распространения и особенности (этноархеологическое исследование).....	30
<i>Ковалев А.А.</i> Раннетесинские склеповые захоронения как свидетельство практики выставления трупов (по материалам раскопок кургана Аршаново-30 в Койбальской степи)	59
<i>Tuğrul S.</i> Non-Adult Burials in the South (Tavşandere) Necropolis of Parion: Diachrony, Funerary Practice, and Age-Related Representation	86
<i>Фролов Я.В., Федорук А.С., Панин Д.В.</i> Бронзовые бляхи и подвески из женских погребений Староалейской культуры.....	122
<i>Тишкин А.А., Бондаренко С.Ю.</i> Технология компьютерного анализа геометрии цифровых копий изваяний для автоматического распознавания изображений (на примере «оленного» камня из Тувы).....	152
<i>Дашковский П.К., Демин М.А.</i> Комплексная хронология и атрибуция артефактов из вторичных погребений могильника скифской эпохи Ханхаринский Дол (Алтай).....	169

Раздел II. ЭТНОЛОГИЯ И НАЦИОНАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА

<i>Слепцов Е.П., Егорова А.И.</i> Нормы предбрачного и брачного поведения женщин в традиционной культуре малочисленных народов Якутии: кросс-культурный анализ.....	195
<i>Тажетдинова Б.Н.</i> Традиции дарообмена в свадебных торжествах каракалпаков.....	212

Раздел III. РЕЛИГИОВЕДЕНИЕ И ГОСУДАРСТВЕННО-КОНФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА

<i>Кольченко В.А.</i> Зороастрийские погребения Чуйской долины	227
<i>Боталов С.Г.</i> Манихейский и буддийско-индуистский комплекс в материалах протовенгерского населения Южного Урала.....	267
<i>Ван Тин, Войтишек Е.Э.</i> Распространение и развитие тибетского буддизма с VII по XIII в. (обзор по китайским материалам)	282
<i>Tsys O.P., Tsys V.V.</i> “To see the spiritual homeland of Christians”: petitions of pilgrims to the Holy Land as a source for studying social ideas of the late 19 th — early 20 th centuries	311

ДЛЯ АВТОРОВ	326
--------------------------	-----

CONTENT

NATIONS AND RELIGIONS OF EURASIA

2026 Vol. 31, №2

Section I. **ARCHAEOLOGY AND ETNO-CULTURAL HISTORY**

<i>Li Y.</i> On the question of cultural interactions between the Tarim Basin and the Fergana Basin in the Late Bronze Age	7
<i>Najafov Sh. N., Asadov V.A.</i> Clay seals and pintaders of the khojali-gedabey culture: characteristics and the area of distribution (ethno-archaeological research)	30
<i>Kovalev A.A.</i> Early Tes' mass graves as evidence of the practice of exposure of corpses (based on the excavations of the Arshanovo-30 kurgan in the Koibal steppe)	59
<i>Tuğrul S.</i> Non-Adult Burials in the South (Tavşandere) Necropolis of Parion: Diachrony, Funerary Practice, and Age-Related Representation	86
<i>Frolov Ya. V., Fedoruk A. S., Papin D. V.</i> Bronze plaques and pendants from women's burials of the Staroalely culture	122
<i>Tishkin A.A., Bondarenko S.Yu.</i> Technology of computer analysis of the geometry of digital copies of sculptures for automatic image recognition (using the example of the "deer" stone from Tuva).....	152
<i>Dashkovskiy P.K., Demin M.A.</i> Complex chronology and attribution of artifacts from secondary burials of the burial ground of the scythian era Khankharinsky Dol (Altai).....	169

Section II. **ETHNOLOGY AND NATIONAL POLICY**

<i>Sleptsov E.P., Egorova A.I.</i> Norms of premarital and marital behavior of women in the traditional culture of indigenous minorities of Yakutia: a cross-cultural analysis	195
<i>Tazhetdinova B. G.</i> Traditions of gift exchange in karakalpak wedding celebrations	212

Section III. **RELIGIOUS STUDIES AND STATE-CONFESSIONAL RELATIONS**

<i>Kolchenko V.A.</i> Zoroastrian burials of the Chuya Valley.....	227
<i>Botalov S.G.</i> Manichaeism and Buddhist-Hindu complex in the materials of the proto-Hungarian population of the Southern Urals	267
<i>Wang T., Voytishek E. E.</i> Overview of the Spread and Development of Tibetan Buddhism from the 7 th to the 13 th Centuries (Based on Chinese materials).....	282
<i>Tsys O.P., Tsys V.V.</i> "To see the spiritual homeland of Christians": petitions of pilgrims to the Holy Land as a source for studying social ideas of the late 19 th — early 20 th centuries.....	311

FOR AUTHORS	326
--------------------------	-----

УДК 902:004.925.83:528.74

DOI 10.14258/nreur(2026)2–06

А. А. Тишкин, С. Ю. Бондаренко

Алтайский государственный университет, Барнаул (Россия)

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИИ ЦИФРОВЫХ КОПИЙ ИЗВЯЯНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ «ОЛЕННОГО» КАМНЯ ИЗ ТУВЫ)

В статье подробно представлен один из современных компьютерных методов выделения рельефных форм на 3D-моделях изваяний, полученных с помощью фотограмметрии. Разработанный комплекс последовательных действий направлен на автоматизацию процесса выявления изображений на каменных поверхностях, что позволяет значительно сократить трудозатраты при ручной прорисовке и повысить необходимую точность результатов. Предложенный способ включает компьютерный анализ геометрии цифровых копий с использованием специализированных алгоритмов, обученных разделять ровные, вогнутые и выпуклые участки. Работа всей реализуемой программы показана на примере изучения хорошо известного «оленного» камня, экспонируемого в стеларии филиала «Алтын Дошка» Национального музея Республики Тыва (г. Кызыл, Россия). Продемонстрирована достаточная эффективность в процессе выявления сложных изображений, включая фигуры животных и рунические знаки. Комбинация двух взаимодополняющих алгоритмов способна обеспечить полную визуализацию рельефных форм и не имеет ограничений в существующих неспециализированных подходах. Представленные рендеры и графические прорисовки «Сайгынской стелы», выполненные с помощью компьютера, сравнивались с ранее выполненными результатами ручного копирования. Данная верификация не только показала эффективность представленного метода, но и способствовала уточнению изображений. В статье подчеркивается потенциал использования цифровых технологий в археологии, а также отмечается необходимость обязательной экспертной оценки получаемых результатов. Разработанный алгоритм запатентован и уже используется в исследовательской деятельности. Кроме этого, создано онлайн-приложение для web-просмотра 3D-моделей с функцией демонстрации автоматического выделения изображений.

Ключевые слова: Тува, музей, «оленный» камень, фотограмметрия, изображения, руническая надпись, цифровые технологии, графические прорисовки, патент

Цитирование статьи:

Тишкин А. А., Бондаренко С. Ю. Технология компьютерного анализа геометрии цифровых копий изваяний для автоматического распознавания изображений (на примере «оленного» камня из Тувы) // Народы и религии Евразии. 2026. Т. 31, №2. С. 152–168. DOI 10.14258/nreur(2026)2–06

Тишкин Алексей Алексеевич, доктор исторических наук, профессор, заведующий кафедрой археологии, этнографии и музеологии, главный научный сотрудник Отдела сопровождения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Алтайского государственного университета, Барнаул (Россия). **Адрес для контактов:** tishkin210@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7769-136X>

Бондаренко Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Отдела сопровождения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Алтайского государственного университета, Барнаул, Россия. **Адрес для контактов:** bonsu@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4295-4120>

A. A. Tishkin, S. Yu. Bondarenko

Altai State University, Barnaul (Russia)

TECHNOLOGY OF COMPUTER ANALYSIS OF THE GEOMETRY OF DIGITAL COPIES OF SCULPTURES FOR AUTOMATIC IMAGE RECOGNITION (USING THE EXAMPLE OF THE «DEER» STONE FROM TUVA)

The article details one of the modern computer methods for extracting relief forms on 3D models of sculptures obtained via photogrammetry. The developed complex of sequential actions is aimed at automating the process of detecting images on stone surfaces, which significantly reduces labor costs compared to manual tracing and increases the required accuracy of results. The proposed method involves computer analysis of the geometry of digital copies using specialized algorithms trained to distinguish flat, concave, and convex areas. The operation of the entire implemented program is demonstrated using the well-known «deer» stone exhibited in the stelae hall of the «Altyn Doska» branch of the National Museum of the Republic of Tuva (Kyzyl, Russia). It shows sufficient effectiveness in detecting complex images, including animal figures and runic signs. The combination of two complementary algorithms enables full visualization of relief forms without the limitations of existing non-specialized approaches. The presented computer-generated renders and graphic tracings of the «Saygyn stela» were compared with previously created manual copies. This verification not

only demonstrated the effectiveness of the presented method but also contributed to refining the images. The article emphasizes the potential of digital technologies in archaeology and notes the necessity of mandatory expert evaluation of the results. The developed algorithm is patented and already used in research activities. Additionally, an online application has been created for web viewing of 3D models with a function demonstrating automatic image highlighting.

Keywords: Tuva, museum, «deer» stone, photogrammetry, images, runic inscription, digital technologies, graphic drawings, patent

For citation:

Tishkin A. A., Bondarenko S. Yu. Technology of computer analysis of the geometry of digital copies of sculptures for automatic image recognition (using the example of the «deer» stone from Tuva). *Nations and religions of Eurasia*. 2025, vol. 31, no. 2, pp. 152–168. DOI 10.14258/nreur(2026)2–06

Tishkin Alexey Alexeevich, Doctor of Historical Sciences, Professor, Head of the Department of Archaeology, Ethnography and Museology, Chief Researcher of the Department of Support for Research and Development Work of the Altai State University, Barnaul, Russia. **Contact address:** tishkin210@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7769-136X>

Bondarenko Sergey Yuryevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Department of Support of Research and Development Work of the Altai State University, Barnaul, Russia. **Contact address:** bonsu@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4295-4120>

Введение

Цифровизация стала неотъемлемой частью современной науки, преобразуя методы и принципы, а также открывая новые горизонты для исследований. В археологии она представляет собой уникальный этап, существенно меняющий подходы к изучению и сохранению объектов историко-культурного наследия. Все началось с простого использования компьютеров для обработки данных. Затем появилась возможность сканирования бумажной полевой документации и рисунков артефактов с последующей обработкой. С развитием вычислительной техники расширилось поле деятельности. Внедряется лазерное сканирование и фотограмметрия. Формирование 3D-моделей позволило создавать детальные копии разных сооружений и находок. Появление машинного обучения и алгоритмов искусственного интеллекта способствовало обработке больших объемов данных, распознаванию образов, классификации артефактов и даже прогнозированию открытий. В настоящее время цифровые технологии превратились в необходимый и эффективный инструмент для исследования и реконструкции археологических объектов разного плана.

Цель данной статьи — рассмотреть ключевую возможность технологии компьютерного анализа геометрии цифровых копий каменных изваяний, полученных с помощью фотограмметрии.

Фотограмметрия в археологии используется достаточно давно [Бондаренко, 2025, с. 33–71]. Первые результаты, которые уже можно было считать профессиональным созданием 3D-моделей, как относительно точных цифровых копий, стали появляться еще в начале 2000-х гг. [Pavlidis G., Koutsoudis A., Arnaoutoglou F. et al, 2007]. Однако применение их было ограничено созданием простых и общих моделей, отражающих внешний вид объекта. Технология продолжила развиваться, реализуя все более совершенные методы. Но мы хотели бы сконцентрироваться на аспекте применения фотограмметрии именно для анализа, а не только для визуализации, что меняет сам подход к процессу ее проведения и к критериям оценки качества результата.

Метод создания 3D-моделей, который точнее называть «Structure From Motion» — структурой из движения (SFM), а не фотограмметрией, является хорошим примером известной проблемы инноваций: использование технологий ради технологий, когда исследователи забывают, что это инструмент для чего-то большего, чем зачастую обычная 3D-визуализация. SFM — это мощный инструмент для изучения и анализа. Только потом важна доказательная демонстрация. Однако для реализации имеющегося потенциала необходимы эффективные математические алгоритмы. Нужно стремиться именно к их нахождению и/или разработке. Такая деятельность ведется нами уже несколько лет [Тишкин, Бондаренко, 2023; Тишкин, Бондаренко, Тишкин (мл.), 2023; Тишкин, Табалдиев, Бондаренко, 2023; и др.]. В результате использовалось множество различных (в том числе взаимоисключающих) подходов: от прямого анализа геометрии с помощью сравнения ее с эквидистантной поверхностью до применения законов оптики и машинного анализа с помощью сверточной нейронной сети U-Net.

В данной статье рассмотрим один из способов, показавший на данном этапе наиболее качественный результат при анализе рельефных форм на каменных изваяниях, с целью выделения на них выбивки.

Ручная прорисовка изображений по фотографиям или микалентным копиям — это трудоемкая и субъективно неоднозначная работа, требующая определенного опыта и подхода как к методам фотографирования и копирования археологического объекта, так и к интерпретации полученных результатов. На фотографии представлено лишь двухмерное изображение трехмерного объекта. Третья координата на ней отсутствует и может восприниматься лишь условно, только как комбинация светотени или субъективное видение перспективы. К тому же на фотоснимке трудно уловить четкие границы изобразительной линии. При результатах микалентного копирования имеются те же проблемы, которые усугубляются различным качеством получаемого оттиска и деформацией используемого длиноволокнистого хлопкового полотна. Поэтому целью нашей работы являлось создание полностью автоматического способа получения адекватного изображения выбивки на цифровой копии каменной поверхности изваяния. Важно было получить выделение всех возможных элементов (контуры, линии, углубления и т. п.), при этом существенно сократить время обработки, снизить

трудоемкость, а также добиться повышения точности и качества графического воспроизводства рисунка, выполненного выбивкой на разных камнях.

Обзор существующих методов

Для начала необходимо создать цифровую копию объекта методом фотограмметрии, что обеспечивает возможность переместить ее в виртуальное пространство. Несомненно, что данная область 3D-моделирования, а именно помещение цифровой копии в программное обеспечение систем рендеринга, является перспективной технологией. Она позволяет работать с физически корректным светом, его направлением, распределением и частотой, устанавливать степень отражения и поглощения поверхности предмета, создавать множество карт, дающих возможность лучше увидеть поверхностную геометрию. Это помогает исследователю рассмотреть и зафиксировать малозаметные детали, сконцентрировать внимание на нужных участках объекта путем выделения всех впадин на цифровой копии, а также предоставляет предварительную прорисовку изобразительных линий. За последние годы уже предпринимались попытки решения перечисленных задач. Правда, они базировались на основе использования уже существующих алгоритмов. Авторы применяли имеющийся опыт в основном из области геодезии, разработанный для геоморфологических исследований и не созданный для анализа поверхности артефактов. Но данный функционал, в принципе, может быть использован.

Существующие аналоги подобных алгоритмов изначально создавались для анализа специфических особенностей ландшафтов, таких как долины, хребты, вершины, ямы или аномалии, связанные в том числе и с археологическими памятниками [Stular, Kokalj, Ostir et al., 2011]. Эти алгоритмы в применении к изваянию рассматривают поверхность камня как ландшафт, а участки выбивки — в виде небольших долин, окаймленных склонами и гребнями. Естественным образом использование подобных неспециализированных алгоритмов для несвойственной им задачи анализа искусственных углублений на камне имеет ряд недостатков, однозначно возникающих в подобных случаях.

Применяется также один из простейших инструментов, имитирующий искусственное освещение на поверхности, который основан на том же принципе, что и использование наклонного источника света. Однако в таком случае глубина выбивки не может быть точно определена, как и любые линейные аномалии, лежащие параллельно лучу света [Zakšek, Ostir, Kokalj, 2011]. Несмотря на то, что несколько виртуальных источников света нивелирует эти недостатки, данная процедура лучше адаптирована именно к резким рельефам, чего во многих случаях у выбивок нет.

Известен способ затенения, основанный на алгоритме видимости (коэффициенте обзора). Это широко используемый альтернативный метод затенения, в том числе для обнаружения археологических объектов по растровым данным лидара [Zakšek, Ostir, Kokalj, 2011]. Он основан на измерении части полушария, ограниченного рельефом, видимым из заданной точки [Oke, 1987], и может быть получен для каждой ячейки и в пределах определенного радиуса [Dozier, Frew, 1990]. Практически коэффициент обзора вычисляется путем дискретизации пространства и поиска вертикального угла. Обычно используют восемь секторов, которых считается достаточно для получения приемлемого результата при сохранении разумного времени вычислений. Значе-

ния коэффициента обзора, близкие к 1, указывают на максимальную видимость и интерпретируются как выпуклая или горизонтальная поверхность. В то же время значения, близкие к 0, указывают на вогнутые части — долины, или выбивки в нашем случае.

Недостатком представленного метода является то, что параметры (максимальный радиус) при этом устанавливаются вручную с учетом размера объектов, которые будут выделены, поскольку от этого зависит усиление основных структур при высоких значениях либо их детализации (а также «шумов») при уменьшении радиуса. Это при одинаковой величине впадины у естественной шероховатости камня и выбивки приводит к искажению (зашумленности) результатов. К тому же максимальный видимый угол неба ограничен 90° (поскольку небо покрывает только полусферу). Тогда как значения углов теоретически могут достигать 180° [Doneus, 2013].

Известен алгоритм, основанный на «открытости точки» или «степени доминирования либо ограждения местоположения на неровной поверхности» [Yokoyama, Shirasawa, Pike, 2002]. Для вычисления положительной (или отрицательной) открытости определяется зенит (надир) для каждой ячейки в пределах искомого радиуса по восьми направлениям. Для каждого из них вычисляется наибольший угол к зениту (надиру) до пересечения с поверхностью. Затем эти значения усредняются, показывая вершины и гребни, впадины или отверстия, т. е. вогнутости и выпуклости. Этот алгоритм имеет те же недостатки, что и вышеописанный, так как является неспециализированным и создан для решения других задач.

Имеется метод, который был разработан для классификации форм рельефа с использованием распознавания образов, а не для дифференциальной геометрии. В нем рассматривается локальная окрестность вокруг центральной ячейки. Восемь смежных ячеек помечаются как «-», если они ниже, «+» — для более высоких значений и «0» — для равных значений. Таким образом, каждая ячейка определяется строкой из восьми меток, представляющим геоморфон, т. е. геоморфологический фенотип. Взаимосвязь между центральной ячейкой и ее соседями основаны на видимости так же, как описано выше для «открытости точки» [Jasiewicz, Stepinski, 2013]. Недостатки этого метода проистекают опять же из-за того, что он создан для решения других задач и не подходит для выявления выбивки на камне, так как не обеспечивает качественного результата. Для его реализации необходимо вручную настроить по крайней мере два важных параметра: расстояние поиска, которое соответствует максимальному масштабу элемента рельефа, и порог плоскостности, ниже которого любая местность считается плоской. Теоретически существует $3^8 = 6561$ различных паттернов, но это число слишком велико. Поэтому геоморфоны приходится группировать в классы, соответствующие десяти наиболее распространенным формам рельефа: равнина, вершина, гребень, плечо, отрог, склон, лощина, подножие, долина и впадина. Однако классифицировать подобным образом выбивку на камне зачастую просто невозможно.

В итоге, можно сделать вывод о том, что применимость существующих методов анализа, разработанных некоторыми исследователями, довольно ограничена и дает нечеткий результат, зависящий от настроек программы. Поэтому необходимо создание узкоспециализированного алгоритма, позволяющего решать именно необходимую задачу и учитывающего все нюансы геометрии при желательном результате.

Описание разработанного метода

Предлагаемый нами способ включает в себя модель просчета интенсивности падающего на точку поверхности света таким образом, чтобы щели и впадины объектов были затемнены, а плоские и выпуклые участки, наоборот, приобрели более светлый тон.

Логика построения заключается в том, что яркость каждой точки зависит от наличия в видимой полусфере других точек, доступности элемента поверхности лучам света и просчитывается проверкой пересечения лучей с другими участками объекта. Если такого пересечения нет и лучи уходят в бесконечность, то это увеличивает яркость точки, и наоборот. В результате чем больше точки оказываются окружены геометрией, тем они отображаются темнее — это те точки, которые находятся во впадинах. Причем чем дальше точка от поверхности, тем больше она окружена и тем темнее будет зарисовываться. И наоборот, точки с малым количеством окружающей их геометрии (выпуклые) будут выглядеть светлее. Применение такого механизма позволило получить более наглядный результат, где явно выделены все возможные выбивки независимо от происхождения.

Программная логика основывается на расчете того, насколько сильно каждая точка на поверхности модели открыта для окружающей среды. Для каждой точки модели программа создает луч, который идет в направлении окружающих объектов. Затем программа проверяет, насколько этот луч был затенен при столкновении с другими объектами, и использует эту информацию для определения степени затенения точки. Чем меньше луч попал в затененную область, тем больше теней будет на точке, что, в свою очередь, влияет на яркость ее цвета.

Несмотря на простоту основной идеи, часть которой взята из вышеописанного алгоритма «открытости точки», данный алгоритм может быть реализован с помощью различных методов (например, с помощью симуляции лучей, нормалей или текстур). И вот здесь возникает проблема, связанная с технической реализацией любого из применяемых способов. Дело в том, что ни один из способов сам по себе не способен учитывать и просчитывать все возникающие факторы, а ограничивается только своей зоной определения. Несмотря на то что алгоритмы основаны на указанной логике, разная программная реализация приводит к тому, что любой алгоритм выделяет лишь часть выбивки, что связано с геометрией объекта (формой, шероховатостью перекрываемых зон поверхности и т. п.).

Но существуют два логических решения, являющихся инверсионными друг относительно друга и тем самым способных закрыть каждый свою зону, не внося изменения в результат альтернативного просчета. Эти алгоритмы в конечном итоге способны дать сумму полученных данных, не имея зон потери информации о параметрах поверхности.

Описание «оленного» камня

Реализуемую логику и разработанный метод продемонстрируем на примере изучения «оленного» камня с руническими знаками («Сайгынская плита, E57»), находящегося в стеларии филиала «Алтын Дошка» Национального музея Республики Тыва (г. Кызыл, Россия) (рис. 1.-а).



Рис. 1. а — фотография «олениного» камня в стеларии музея; б — рендер ортогональных видов созданной модели с небольшой подсветкой зоны с изображениями

Fig. 1. a — photograph of the «deer» stone in the museum's stela hall; б — render of orthogonal views of the created model with slight highlighting of the image area

Это изваяние было доставлено в музей с юга Тувы в 1973 г. Оно находилось в местности Борбак-Арыг, вблизи с. Самагалтай Тес-Хемского района, и было обнаружено Ю.Л. Аранчином в 1952 г. в кургане, который в 1963 г. раскопал М.Х. Маннай-оол. В фонды тувинского музея стелу передал А. Ч. Кунаа [Монгуш, 2019]. На ней имеются изображения оленей, часть из которых несколько повреждена или утрачена. Поверх одной фигуры была вертикально выбита руническая надпись.

Судя по имеющимся данным, такие стелы устанавливались у поминальных курганов, к северо-западу или западу от них. Влияние классического енисейского эпитафийного канона отразилось в вертикальном размещении надписей (направленных снизу вверх) и краткости (имена и титулы) [Кызласов, 2015]. Рассматриваемая «Сайгынская стела» стояла у северного края каменной курганной выкладки. Широкие грани были ориентированы по линии Ю–С, с обращенной к кургану надписью на южной стороне [Аранчин, 1951; 1953]. Шесть вертикально выбитых рун были прочитаны как личное мужское имя и титул — б (е) лү с̄ог «Бенгю-чор» [Кызласов, 2010]. Изображения данной стелы неплохо изучены и, что крайне важно для нашего исследования и определения адекватности работы алгоритмов, ни изображения, ни надпись не вызывают кривотолков [Кызласов, 2010] и двойного прочтения.

Изваяние имеет следующие видимые размеры (нижняя часть скрыта): высота 140 см, максимальная ширина 59 см и толщина 22 см. Объем изваяния чуть менее 0,2 м³ и площадь поверхности 1,7 м², около 30% которой занято выбивкой. На одной из сторон (рис. 1.-б) видна крупная выбивка передней части оленя, расположенного мордой вниз

(размерами 116×40 см вместе с рогами), и обрывающаяся сверху. Между ветвей рогов выбиты три фигуры лошадок, самая маленькая сверху и самая крупная внизу, размерами 14×11 см, 15×11 см и 17×12 см соответственно. Также имеются крупные зоны не идентифицированных частей выбивки, являющихся, по всей видимости, частями изображений других оленей.

По телу оленя идет более глубокая выбивка рунической надписи, состоящей из шести символов, расположенных вертикально. Общий габаритный размер ее — 36×9,6 см. Верхний символ имеет параметры 9,5×4,2 см, второй сверху — 5,2×3,1 см, следующий — 8,2×4,1 см, четвертый — 9,6×4,5 см, пятый — 9×2,6 см и последний — 7,8×7,5 см. Толщина линий 0,9–1 см.

На противоположной стороне есть выбивка частей двух оленей: рога и задняя часть одного (размерами 63×41 см), а ниже — средняя часть туловища и часть рога другого (размерами 40×26 см). На туловище заметен силуэт перекрывающей выбивки, похожей на ногу. Слева сверху заметна выбивка неопределяемой формы (рис. 2).

Методика работы

Довольно четкие формы выбивки, несомненно, упрощают визуальную проверку работы алгоритма. Несмотря на то что рисунок выбивки является геометрической впадиной, он еще имеет цветовую дифференциацию, которую необходимо отбросить, как способную дать ложный результат. Важно провести анализ только чистой геометрии.

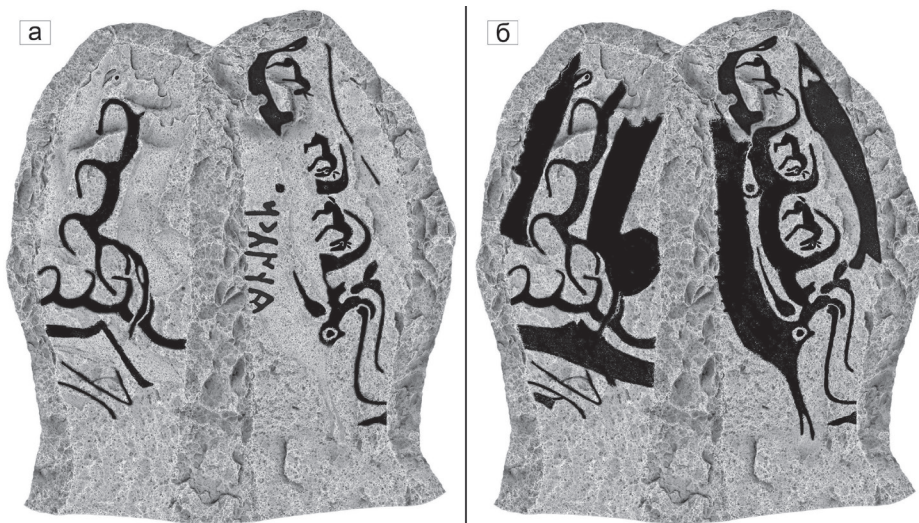


Рис. 2. Сайгынская стела. Развертка «оленного» камня с прорисовкой: а — прорисовка выбивки первым алгоритмом; б — вторым алгоритмом
 Fig. 2. The Saygyn Stele. Unfolding of the «deer» stone with tracing: a — tracing of the relief by the first algorithm; б — by the second algorithm

При использовании первого из вышеуказанных алгоритмов получена прорисовка (рис. 2-а), формирующая начальную текстуру, где видно, что тела оленей оказались

не выделенными. Это произошло потому, что площади их выбивки слишком велики относительно других изображений и общей площади поверхности изваяния. В результате они рассчитываются программой как естественная форма камня, что происходит из-за заданных в программе условий, позволяющих классифицировать и отделять искусственную выбивку от естественной геометрии.

Система следующего алгоритма, формирующая вторую текстуру, как видно на рис. 2.-б, на первый взгляд выделила все без ошибок. Но логика ее работы не способна учитывать глубину выбивки, потому что работает по принципу «да/нет» (если выбивка существует, программа ее помечает темным). В большинстве случаев этого достаточно. Однако в данной ситуации имеется выбивка на выбивке с разной глубиной, и алгоритм отображает их как одну, заливая все темным цветом. В таком случае происходит потеря информации. Поэтому на рисунке не видны руны, а также пропали пересекающиеся части других рисунков, которые находятся в зоне окружающей их выбивки тел оленей (рис. 2.-б).

Несмотря на явные недостатки в логике работы каждой из программ, сумма данных, полученная каждой из них, как было написано выше, способна предоставить исследователю полную картину (рис. 3 и 4).

Ручное сравнение выделенной зоны с геометрической формой выбивок не выявило отличий или ложной информации, что может свидетельствовать об адекватном механизме работы представленного алгоритма.



Рис. 3. Сайгынская стела: а — развертка «оленного» камня с полной прорисовкой;

б — увеличенная зона выбивки с рунами; 1 — первый уровень выбивки,

2 — более глубокая выбивка

Fig. 3. The Saygyn Stele. a — unfolding of the «deer» stone with full tracing; б — enlarged area of the relief with runes; 1 — first level of relief, 2 — deeper relief

Наличие виртуальной объемной среды дает возможность поместить прорисовку обратно на 3D-объект цифровой копии и рассматривать ее со всех сторон вращением.

К сожалению, печатный формат статьи не позволяет продемонстрировать все имеющиеся возможности, и на рисунке приведены только проекции с выделенной формой поверхности и выявленной выбивкой.

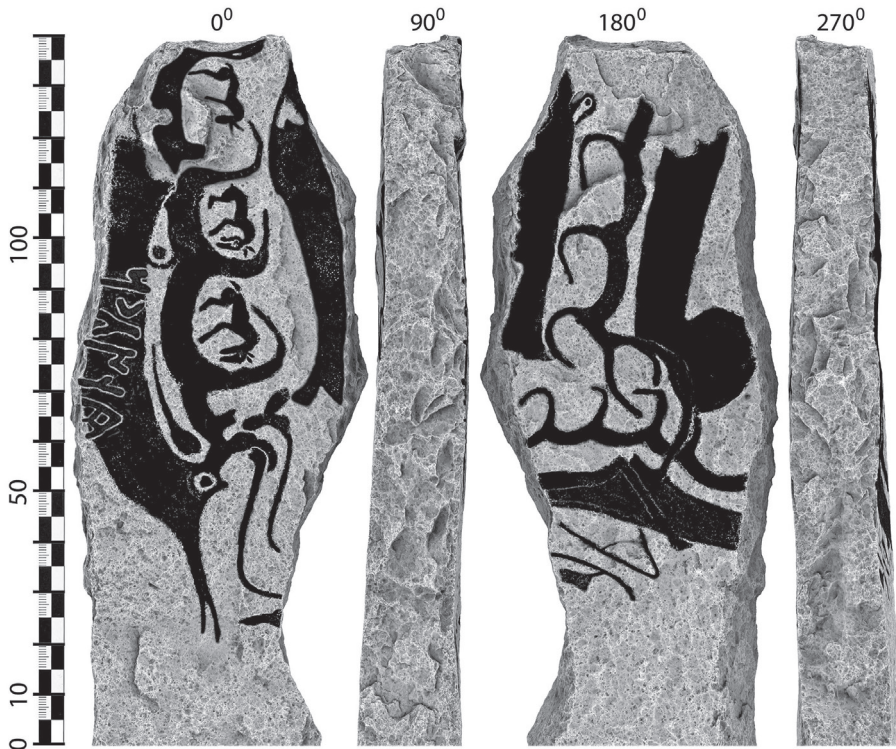


Рис. 4. Сайгынская стела. Рендер ортогональных видов модели с выделенными выбивками
Fig. 4. The Saygyn Stele. Render of orthogonal views of the model with highlighted reliefs

Необходимо отметить такой нюанс — посередине между шестью рунами есть небольшая впадина, которую можно трактовать как «точку», разделяющую знаки на две равные группы (рис. 2.-а; 5). В ранней публикации И.А. Кызласова [2010: 89, рис. 4.-1] на прорисовке она отсутствует. Однако на иллюстрации в статье, вышедшей пятью годами позже [Кызласов, 2015: 201, рис. 4], имеется. Рассматриваемая впадина видна на объекте и хорошо определяется на его цифровой копии. Но вот ее трактовка именно как искусственно сделанной точки, а не естественного образования, затруднительна. Визуальный анализ показывает наличие подобных образований в разных местах на поверхности изваяния, но вероятность случайного его нахождения строго между рунами все-таки маловероятна. По нашему мнению, данная впадинка, скорее всего, является специально сделанным знаком. Однако на автоматической прорисовке «точка» отсутствует (рис. 3–4), что закономерно, учитывая логику работу алгоритма, призванного при прорисовке находить баланс между потерей информации о выбивке и «замусориванием» прорисовки лишними элементами. Параметры данного баланса зада-

ет человек, и в данном случае все изолированные объекты, имеющие общую площадь меньше 5 см², были в определенной мере проигнорированы.

Наличие данной ситуации приводит к необходимости перепроверки работы алгоритмов специалистом и внесения необходимых корректировок, что вполне прогнозируемо: никакое программное обеспечение не способно заменить многолетний исследовательский опыт, и оно предназначено прежде всего для уменьшения очевидной рутинной работы, но не для нюансов, понимать и оценивать которые должен именно профессионал. Алгоритм настроен так, чтобы не выделять сомнительные элементы и не придумывать несуществующие формы, что может привести к ложной трактовке. Окончательное решение спорных вопросов и нюансов должен принимать только опытный специалист.

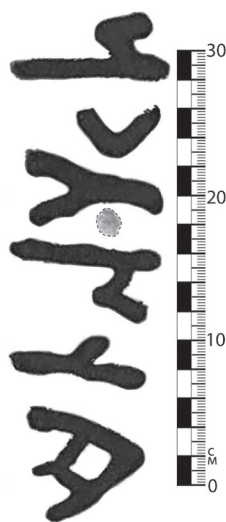


Рис. 5. Сайгынская стела. Компьютерная прорисовка рунической надписи и впадина в центре нее

Fig. 5. The Saygyn Stele. Computer rendering of a runic inscription and a depression in its center

Прорисовка всех сторон также дает дополнительную возможность проверки ее путем наложения на истинную текстурную развертку с последующим анализом (рис. 6), который производится алгоритмом путем ручной регулировки на основании определения субъективно лучшей видимости. Если зоны совпадают, они подсвечиваются белым или затеняются черным, если нет — то красным. Это позволяет лучше ориентироваться при визуальном сравнении. Такой способ, к сожалению, не позволяет выявить утраченную и не выявленную выбивку, но точно даст понимание, что в процессе обработки не появилось новых линий и не сформировались ложные данные (это бывает при похожести естественной эрозии на продолжение ручной выбивки).

Очевидная актуальность использования таких программ проявляется в том, что подобный результат, полученный полностью в автоматическом режиме, позволяет сэкономить существенное количество времени исследователю, получить более адекватную

копию, правильно интерпретировать зафиксированную информацию и даже служить инструментом решения споров. Также объект сохраняет при этом формат 3D и может рассматриваться со всех сторон вращением, приближением с получением рендера множества ракурсов и частей. При этом технология может применяться как ко всей модели, так и к ее части, содержащей интересующую исследователя или неоднозначно трактуемую информацию.



Рис. 6. Сайгынская стела. Рендер текстурной развертки с технологией наложения рисунка: а — истинная текстура изваяния (0%); б — 20% наложения; в — 40% наложения; г — 60% наложения

Fig. 6. The Saygyn Stele. Render of texture unfolding with drawing overlay technology: а — true texture of the sculpture (0%); б — 20% overlay; в — 40% overlay; г — 60% overlay

Заключение

Разработанный алгоритм очень хорошо показал себя на выбитых формах различной топологии, позволяя делать прорисовку множества типов объектов, а также находить закономерности, отличающиеся от тех, которые фиксирует исследователь. На представленную технологию в 2024 г. был получен патент на изобретение [Бондаренко, Тишкин, 2024].

Методика не связана условными понятиями человеческого восприятия, обеспечивая независимые результаты. Но у нее нет того опыта, который есть у специалиста, что может приводить к отдельным неточностям. Однако именно непредвзятый подход помогает найти ту информацию, которую исследователь не замечает.

Так как рендеры демонстрируют только статические виды, нами была разработана отдельная программа для онлайн-демонстрации 3D-моделей цифровых копий древних каменных изваяний. На эту компьютерную программу в 2024 г. получено свидетельство о государственной регистрации № 2024682361. Данная разработка ограничена демонстрацией модели, упрощенной в тысячи раз, и несколькими функциями, позволяющими выделить выбивки, оценить и изучать графическую прорисовку, получить многоплановые сечения и др. Она, конечно, не сравнится с возможностями профессионального пакета, однако дает вполне достаточную информацию о конкретном объекте и его особенностях.

Несмотря на то что новые цифровые технологии являются мощным инструментом и способны оказать существенную помощь в научных исследованиях, добавив в них как возможность получать новые данные, так и увеличивая степень их объективности, заменить специалистов они не могут. Поэтому современные актуальные разработки являются лишь инструментом в руках ученых, опыт которых станет решающим фактором при их использовании и при интерпретации получаемых результатов.

Благодарности и финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22–18–00470–П «Мир древних кочевников Внутренней Азии: междисциплинарные исследования материальной культуры, изваяний и хозяйства», <https://rscf.ru/project/22-18-00470/>.

Acknowledgements and funding

The research was funded by the Russian Science Foundation, project No. 22–18–00470–П «The World of Ancient Nomads of Inner Asia: Interdisciplinary Research on Material Culture, Sculptures and Economy», <https://rscf.ru/project/22-18-00470/>.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Аранчин Ю.А. О древних енисейских камнеписных памятниках на территории Тувинской автономной обл. // Ученые записки ТНИИЯЛИ. 1953. Вып. I. С. 55–58.

Аранчин Ю.А. Сайгынская плита с древнетюркской надписью // Эпиграфика Востока. 1951. Т. V. С. 76–77.

Бондаренко С.Ю., Тишкин А.А. Способ выделения рельефных форм на 3D-моделях каменных изваяний, полученных с помощью фотограмметрии // Бюллетень ФИПС РФ. 2024. № 23. С. 1–22.

Кызласов И.Л. К выделению автохтонных рунических памятников Тувы VIII–XII вв. // *Alkiš bitig. Scripta in honorem DM Nasilov* [Alkiš bitig. Письмена в честь Д. М. Насилова]. М.: Изд-во МБА, 2015. С. 195–206.

Кызласов И.Л. Новый тип поминальных памятников тюркоязычного населения Южной Сибири (к расселению и ранней истории чиков) // Российская археология. 2010. № 4. С. 88–100.

Монгуш Ч.А.-С. Коллекция каменных памятников в собрании Национального музея Тувы // Новые исследования Тувы. 2019. № 2. С. 84–94. <https://doi.org/10.25178/nit.2019.2.7>

Тишкин А.А., Бондаренко С.Ю. «Оленные» камни, использованные тюрками: новый взгляд на сохранившиеся изображения (по материалам Историко-архитектурного музея под открытым небом ИАЭТ СО РАН) // Сохранение и изучение культурного наследия Алтайского края. 2023. Вып. XXIX. С. 239–247. <https://doi.org/10.14258/2411-1503.2023.29.36>

Тишкин А.А., Бондаренко С.Ю., Тишкин Ал.Ал. «Оленный» камень из Тувы: современные возможности получения графических рисунков // Современные решения актуальных проблем евразийской археологии. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2023. Вып. III. С. 275–281.

Тишкин А.А., Табалдиев К.Ш., Бондаренко С.Ю. Использование цифровых технологий при документировании «оленных» камней в Кыргызстане // Современные решения актуальных проблем евразийской археологии. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2023. Вып. III. С. 281–286.

Stular B., Kokalj Z., Ostir K., Nuninger L. Visualization of lidar-derived relief models for detection of archaeological features // J. Archaeol. Sci. 2012. № 39. P. 3354–3360.

Dozier J., Frew J. Rapid calculation of terrain parameters for radiation modeling from digital elevation data // IEEE Transact. Geosci. Remote Sens. 1990. № 28. P. 963–969.

Jasiewicz J., Stepinski T. F. Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms // Geomorphology. 2013. № 182. P. 147–156.

Zaksek K., Ostir K., Kokalj Z. Sky-view factor as a relief visualization technique // Remote Sens. 2011. № 3. P. 398–415.

Doneus M. Openness as visualization technique for interpretative mapping of airborne Lidar derived digital terrain models // Remote Sens. 2013. № 5. P. 6427–6442.

Pavlidis G., Koutsoudis A., Arnaoutoglou F., Tsioukas V., Chamzas C. Methods for 3D digitization of cultural heritage // Journal of cultural heritage. 2007. T. 8, № 1. P. 93–98.

Yokoyama R., Shlrasawa M., Pike R. J. Visualizing topography by openness: A new application of image processing to digital elevation models // Photogramm. Eng. Remote Sens. 2002. № 68. P. 257–265.

Oke T. E. Boundary layer climates. 2nd ed. Library of Congress, 1987. 464 p.

References

Aranchin Yu. L. O drevnikh eniseiskikh kamnepisnykh pamyatnikakh na territorii Tuvinskoj avtonomnoi obl. [On ancient Yenisei runic stone inscriptions in the territory of the Tuva Autonomous Region]. *Uchenye zapiski Tuvinskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta yazyka, literatury i istorii* [Scientific Notes of Tuvan Scientific Research Institute of Language, Literature and History], 1953, iss. I, pp. 55–58 (in Russian).

Aranchin Yu. L. Saigynskaya plita s drevnetyurkskoi nadpis'yu [The Saigyn slab with an Old Turkic inscription]. *Epigrafika Vostoka* [Epigraphy of the East], 1951, vol. V, pp. 76–77 (in Russian).

Bondarenko S. Yu., Tishkin A. A. Sposob vydeleniya rel'efnykh form na 3D-modelyakh kamennykh izvayanii, poluchennykh s pomoshch'yu fotogrammetrii [A method for identifying relief forms on 3D models of stone sculptures obtained using photogrammetry]. *Byulleten' Federal'noi sluzhby po intellektual'noi sobstvennosti* [Bulletin of the Federal Institute of Industrial Property of the Russian Federation], 2024, no. 23, pp. 1–22 (in Russian).

Kyzlasov I. L. Novyi tip pominal'nykh pamyatnikov tyurkoyazychnogo naseleniya Yuzhnoi Sibiri (k rasseleniyu i rannei istorii chikov) [A new type of memorial monuments of the Turkic-speaking population of Southern Siberia (on the settlement and early history of the Chiks)]. *Rossiiskaya arkheologiya* [Russian Archaeology], 2010, no. 4, pp. 88–100 (in Russian).

Kyzlasov I. L. K vydeleniyu avtokhtonnykh runicheskikh pamyatnikov Tuvy VIII–XII vv. [On identifying autochthonous runic monuments of Tuva of the 8th-12th centuries]. *Alkiš bitig. Scripta in honorem D. M. Nasilov*. Moscow: MBA Publ., 2015, pp. 195–206 (in Russian).

Mongush Ch. A.-S. Kolleksiya kamennykh pamyatnikov v sobranii Natsional'nogo muzeya Tuvy [Collection of stone monuments in the holdings of the National Museum of Tuva]. *Novye issledovaniya Tuvy* [The New Research of Tuva], 2019, no. 2, pp. 84–94 (in Russian). <https://doi.org/10.25178/nit.2019.2.7>

Tishkin A. A., Bondarenko S. Yu. «Olennye» kamni, ispol'zovannye tyurkami: novyi vzglyad na sokhranivshiesya izobrazheniya (po materialam Istoriko-arkhitekturnogo muzeya pod otkrytym nebom IAET SO RAN) [«Deer stones» used by Turks: a new view of preserved images (based on materials from the Historical-Architectural Open-Air Museum of IAET SB RAS)]. *Sokhranenie i izuchenie kul'turnogo naslediya Altaiskogo kraya* [Preservation and Study of the Cultural Heritage of the Altai Region], 2023, iss. XXIX, pp. 239–247 (in Russian). <https://doi.org/10.14258/2411-1503.2023.29.36>

Tishkin A. A., Bondarenko S. Yu., Tishkin A. A. «Olennyi' kamen» iz Tuvy: sovremennye vozmozhnosti polucheniya graficheskikh risunkov [A «deer stone» from Tuva: modern possibilities of obtaining graphic drawings]. *Sovremennye resheniya aktual'nykh problem evraziiskoi arkheologii* [Modern Solutions to Topical Problems of Eurasian Archaeology]. Barnaul: Altai State University Publ., 2023, iss. III, pp. 275–281 (in Russian).

Tishkin A. A., Tabaldiev K. Sh., Bondarenko S. Yu. Ispol'zovanie tsifrovyykh tekhnologii pri dokumentirovani «olennykh» kamnei v Kyrgyzstane [Use of digital technologies in documenting deer stones in Kyrgyzstan]. *Sovremennye resheniya aktual'nykh problem evraziiskoi arkheologii* [Modern Solutions to Topical Problems of Eurasian Archaeology]. Barnaul: Altai State University Publ., 2023, iss. III, pp. 281–286 (in Russian).

Doneus M. Openness as visualization technique for interpretative mapping of airborne lidar derived digital terrain models. *Remote Sensing*, 2013, no. 5, pp. 6427–6442.

Dozier J., Frew J. Rapid calculation of terrain parameters for radiation modeling from digital elevation data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1990, no. 28, pp. 963–969.

Jasiewicz J., Stepinski T. F. Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, 2013, no. 182, pp. 147–156.

Oke T. R. *Boundary layer climates*. 2nd ed. London: Routledge, 1987, 464 p.

Pavlidis G., Koutsoudis A., Arnaoutoglou F., Tsioukas V., Chamzas C. Methods for 3D digitization of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 2007, vol. 8, no. 1, pp. 93–98.

Stular B., Kokalj Z., Ostir K., Nuninger L. Visualization of lidar-derived relief models for detection of archaeological features. *Journal of Archaeological Science*, 2012, no. 39, pp. 3354–3360.

Yokoyama R., Shirasawa M., Pike R. J. Visualizing topography by openness: A new application of image processing to digital elevation models. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2002, no. 68, pp. 257–265.

Zakšek K., Ostir K., Kokalj Z. Sky-view factor as a relief visualization technique. *Remote Sensing*, 2011, no. 3, pp. 398–415.

Статья поступила в редакцию: 17.03.2026

Принята к публикации: 01.04.2026

Дата публикации: 30.06.2026