

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Р.С. Багаутдинов¹, В.Н. Копенков^{2,3}, В.Н. Мышкин⁴, В.В. Сергеев^{2,3}, С.А. Трибунский⁵

¹Самарский государственный университет, Самара, Россия,

²Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет) (СГАУ), Самара, Россия,

³Институт систем обработки изображений РАН, Самара, Россия,

⁴Поволжская государственная социально-гуманитарная академия, Самара, Россия,

⁵Ассоциация вузов Самарской области, Самара, Россия

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы применимости космических снимков, полученных в результате дистанционного зондирования Земли, для выявления археологических объектов – курганных могильников, широко распространённых в степных районах Самарской области. Сформулированы требования к космическим снимкам, при выполнении которых может быть решена поставленная задача. Предложены методы компьютерной обработки снимков, обеспечивающей улучшение дешифрируемости снимков (повышение качества распознавания объектов) человеком-оператором.

Ключевые слова: археологические объекты, курганные могильники, космические снимки Земли, компьютерная обработка, улучшение дешифрируемости.

Цитирование: Багаутдинов, Р.С. Исследование возможности использования космических снимков для выявления археологических объектов / Р.С. Багаутдинов, В.Н. Копенков, В.Н. Мышкин, В.В. Сергеев, С.А. Трибунский // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 3. – С. 439-444.

Введение

Изучение памятников древней материальной культуры (археологических объектов) является предметом большого интереса для широкого круга историков, краеведов, археологов и других специалистов. Изучение научной литературы и архивных материалов, имеющихся в археологических лабораториях Самарского государственного университета, Поволжской государственной социально-гуманитарной академии, Самарского областного историко-краеведческого музея имени П.В. Алабина, позволило нанести на карту Самарской области археологические объекты на степных территориях, прилегающих к населённым пунктам Берёзки, Новоберёзовский, Дубовый Умёт, Нефтегорск, Семёновка, Верхнесъезжее, Зуевка, Кулешовка и др. Большинство этих археологических объектов представляют собой курганные могильники [1, 2]. Они продолжают выявляться (случайно или в результате целенаправленных полевых работ) и в настоящее время, что даёт основание утверждать, что территория области ещё недостаточно изучена с точки зрения археологии и на ней имеется большое число до сих пор не обнаруженных курганных могильников.

К сожалению, полевые работы по выявлению археологических объектов при весьма низкой результативности являются чрезвычайно затратными по времени, трудоёмкости и финансам. Поэтому представляет интерес исследование альтернативных решений этой задачи, основанных на новых информационных технологиях космического дистанционного зондирования Земли и компьютерной обработки изображений [3].

Требования к характеристикам космических снимков

Для участков территории Самарской области, на которых выявлены археологические объекты (курганные могильники), был осуществлён подбор кос-

мических снимков – данных дистанционного зондирования Земли в оптическом диапазоне длин волн – из следующих информационных источников:

- регионального банка данных космических снимков Самарской области [4],
- архива Центра приёма и обработки космической информации СГАУ [7],
- архива Инженерно-технологического центра «СКАНЭКС» [8],
- архива Института космических исследований РАН [9].

Подобраны изображения, полученные в период с 2007 по 2014 г. со спутников (космических аппаратов), перечисленных ниже в табл. 1. Примеры фрагментов изображений, содержащих известные археологические объекты (около поселка Новоберёзовский), представлены на рис. 1, 2.

Табл. 1. Рассматриваемые спутники

Данные ДЗЗ, полученные при исп.	Страна-разработчик	Детальность снимков, в метрах	Число каналов (цветов)	Пикселов на диаметр объекта
КА Terra	США	250	36	0,03-0,12
КА Aqua	США	250	36	0,03-0,12
КА SPOT-2	Франция	20	3	0,35-1,5
КА SPOT-4	Франция	20	3	0,35-1,5
КА IPS-P5	Индия	2,5	1	3-12
КА IPS-P6	Индия	25	4	0,3-1,2
КА UK-DMC	Великобритания	22	4	0,3-1,4
КА EROS-A	Израиль	2	1	3,5-15
КА EROS-B	Израиль	0,7	1	10-43
Аэрофото съёмка	Россия	0,3	1	20-70

Курганные могильники, как правило, проявляются на земной поверхности как слабоконтрастные радиально-симметричные (дискообразные) объекты диаметром от 7 до 30 метров. При известной детальности

(пространственном разрешении) цифровых изображений несложно оценить число пикселей, приходящихся на диаметр объекта (см. последний столбец табл. 1).



Рис. 1. Фрагмент изображения со спутника IPS-P5

На рисунке белыми окружностями отмечено положение двух известных курганных могильников. Эти могильники с трудом детектируются (визуальное обнаружение) на данном изображении с разрешением 2,5 м в 1 пикселе. Однако их координаты и размер достаточно тяжело определить в силу отсутствия информации о цвете подстилающей поверхности.

Использование доступных цветных снимков на данную территорию (после процедур повышения разрешения изображений) получаем изображение с разрешением порядка 10 м в 1 пикселе не позволяет определить местоположение могильников. Как видно из представленных на рис. 2 фрагментов, курганные могильники визуально не выявляются.



Рис. 2. Фрагмент изображения со спутников SPOT-4 (слева) и UK-DMC (справа)

На основании визуального анализа изображений различного разрешения с целью обнаружения (детектирования) на них курганных могильников (радиально-симметричных объектов) было выявлено, что обнаружение возможно лишь в случае, если диаметр объектов превышает 5–7 пикселей изображения. Для более мелких объектов визуальное детектирование невозможно либо неоднозначно, кроме того, признак радиальной симметрии (описанный в статье далее) вычисляется с большой случайной погрешностью, что ведёт к высокой вероятности ошибок ложного обнаружения. Из этого следует, что детальность космических снимков должна быть выше 0,5–0,7 метров. Из всего множества подобранных космических изображений этому требованию удовлетворяют только снимки со спутника EROS-B и результаты аэрофото-

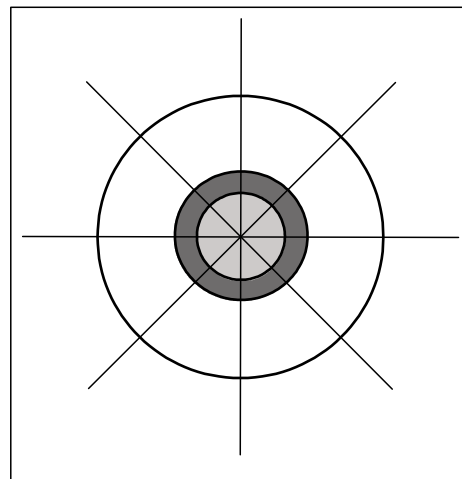
сёмки. К сожалению, эти снимки являются однональными (чёрно-белыми), в них отсутствует потенциально важная информация о цвете зондируемой поверхности Земли. В дальнейших исследованиях целесообразно перейти на использование многоканальных (цветных) снимков сверхвысокого разрешения со спутников: GeoEye, IKONOS, QuickBird, WorldView, RapidEye, Ресурс-ДК, Ресурс-П, которые на данном этапе работ были недоступны для авторов.

Компьютерная обработка космических снимков

В части методов компьютерной обработки изображений, направленных на тематическое дешифрирование снимков и распознавание археологических объектов, авторы предлагают новые методы и вычислительные алгоритмы:

- выделения областей с локальными радиально-симметричными вариациями функции яркости,
- адаптивного усиления контраста изображений в указанных областях.

Локальные радиально-симметричные вариации функции яркости могут быть детектированы с помощью описываемого ниже алгоритма обработки изображения в режиме скользящего окна. Размер окна должен быть таким, чтобы полностью охватывать радиально-симметричный объект, его конкретное значение в пикселях зависит от физических размеров объекта и детальности (пространственного разрешения) изображения. Для удобства изложения введём локальную систему дискретных координат с началом в центре окна (см. рис. 3).



Окно обработки

Рис. 3. Схема отбора пикселей в окне обработки

Проведём от начала координат в окне восемь лучей так, как показано на рисунке, и сформируем восемь одномерных последовательностей дискретных значений яркости изображения:

$$\{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n), \dots, x_i(R)\}_{i=1}^8, \quad (1)$$

где R (целое число) – число значений, взятых по лучу, т.е. радиус рабочей области окна обработки.

Для вертикальных и горизонтальных лучей в последовательности (1) включаются непосредственно

пиксели обрабатываемого изображения. Для диагональных лучей значения яркости, включаемые в последовательности, определяются с помощью интерполяции так, чтобы шаги между ними на плоскости изображения были одинаковы по всем лучам.

Далее одномерные последовательности усредняются по лучам, т.е. формируется средняя последовательность:

$$\bar{x}(n) = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 x_i(n), \quad 1 \leq n \leq R,$$

вычисляется квадратичная погрешность отклонения каждой последовательности от среднего значения:

$$D_i = \frac{1}{R} \sum_{n=1}^R [x_i(n) - \bar{x}(n)]^2, \quad 1 \leq i \leq 8,$$

а затем – средняя погрешность по всем лучам:

$$D = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 D_i. \quad (2)$$

Очевидно, что величина, вычисляемая по формуле (2), равна нулю, если поле яркости изменяется одинаково по всем направлениям от центра окна и, соответственно, все последовательности в (1) совпадают, и принимает некоторые ненулевые значения, если поле яркости изменяется иначе. И хотя используется только 8 лучей, для небольших размеров окна обработки ($R < 15-20$), приведенный тезис будет справедлив. В качестве индикатора локальной радиальной симметрии функции яркости предлагается использовать величину:

$$S = \frac{1}{1 + kD}, \quad (3)$$

где k – эмпирически подбираемый коэффициент, принимающий значения от 1 до 10.

Величина (3) будет принимать максимальное (единичное) значение, если функция яркости в окне радиально-симметрична, и убывать к нулю по мере возрастания асимметричности указанной функции.

При фиксированном положении окна обработки значение индикатора (3) относится к центру окна, а когда скользящее окно примет все возможные положения на плоскости изображения – образует двумерное поле, совпадающее по размерам с исходным обрабатываемым изображением.

Сформированное поле индикаторов локальной радиальной симметрии далее используется для адаптивного усиления контраста изображений на участках изображения с радиально-симметричными вариациями яркости. Для этого предлагается простой алгоритм обработки изображения, который иллюстрируется схемой на рис. 4.

Исходное обрабатываемое изображение X поступает в процедуру вычисления поля индикаторов симметрии S и параллельно – на формирование сглаженного (локально усредненного) изображения – \bar{X} .

Для сглаживания здесь может быть использован любой известный метод, например, линейный фильтр

с гауссовской импульсной характеристикой. Далее все три поля попиксельно объединяются для формирования выходного изображения Y по следующей формуле:

$$Y = X + QS(X - \bar{X}), \quad (4)$$

где Q – коэффициент усиления контраста, параметр, выбор которого возлагается на оператора. Обоснованием применения формулы (4) является тот очевидный факт, что разностное изображение $(X - \bar{X})$ содержит только высокочастотные составляющие спектра исходного изображения, т.е. мелкие детали и объекты, часть которых и должна быть отконтрастирована в результате обработки.

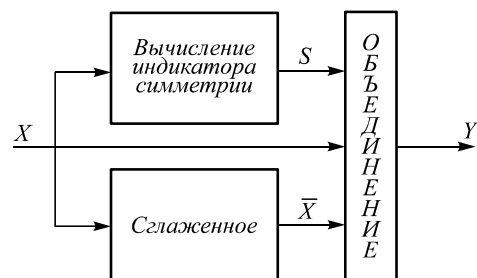


Рис. 4. Схема адаптивного усиления контраста

Описанные операции обработки изображений обеспечивают повышение визуальной видимости радиально-симметричных объектов, т.е. улучшение дешифрируемости снимков (повышение качества распознавания объектов) человеком-оператором. На рис. 5 показан пример такой обработки космического снимка со спутника EROS-B. На рис. 6 показан пример такой обработки аэрофотоснимка.

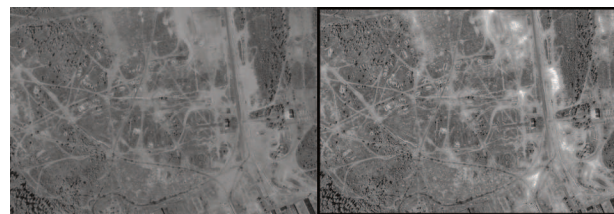


Рис. 5. Обработка данных с КА EROS-B

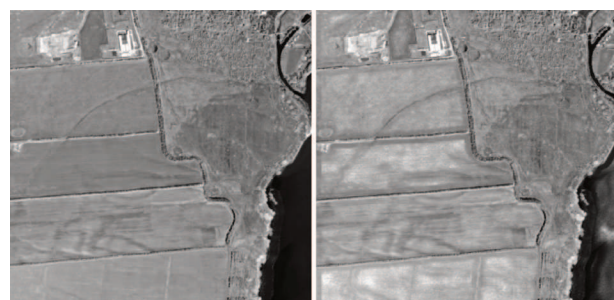


Рис. 6. Обработка аэрофотоснимка

Заключение

В настоящей статье рассмотрены вопросы применимости космических снимков, полученных в результате дистанционного зондирования Земли, для выявления

археологических объектов – курганных могильников. Показано, что космические снимки, обеспечивающие решение поставленной задачи, должны обладать пространственным разрешением не хуже 0,5–0,7 метров. Желательно, чтобы эти снимки были многоканальными (цветными). Следует заметить, что мест поиска могильников, представленных археологами авторам статьи (порядка 5–7 точек), а также высокодетальных снимков данных территорий по Самарской области пока ещё недостаточно для полномасштабного исследования технологии, однако достаточно, чтобы сформировать требования к данным ДЗЗ, необходимым для решения задачи.

Предложены методы компьютерной обработки снимков, обеспечивающие повышение их контраста в областях, содержащих радиально-симметричные объекты, и тем самым повышающие качество визуального выявления таких объектов человеком-оператором. В ближайшее время планируется провести ряд экспериментальных исследований, направленных на уточнение параметров алгоритма (длина лучей – R , коэффициент k , использующийся при расчёте индикатора локальной радиальной симметрии, и коэффициент повышения контраста Q).

Следующий этап – проверка работоспособности технологии при использовании цветных изображений, а также определение параметров работы с цветными изображениями. Окончательным результатом исследований, основанных на настоящей работе, будет рассмотрение возможности решения задачи полностью автоматического (без оператора) распознавания археологических объектов.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке при поддержке Министерства образования и науки РФ и Российского гуманитарного научного фонда, грант 14-11-63006 а(р).

Литература

1. Мышкин, В.Н. Савроматские и раннесарматские погребения Самарского Заволжья / В.Н. Мышкин, В.А. Скарбовенко // Краеведческие записки. – Самара. – 1996. – №8. – С. 196-223.
2. Мышкин, В.Н. Ранние кочевники Самарского Поволжья: история и итоги изучения, 40 лет Средневожской археологической экспедиции / В.Н. Мышкин, В.А. Скарбовенко // Краеведческие записки. – Самара. 2010. – № 15. – С. 87-100.
3. Методы компьютерной обработки изображений / М.В. Гашников, Н.И. Глумов, Н.Ю. Ильясова, В.В. Мясников, С.Б. Попов, В.В. Сергеев, В.А. Соيفер, А.Г. Храмов, А.В. Чернов, В.М. Чернов, М.А. Чичева, В.А. Фурсов; под ред. В.А. Соифера. – 2-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2003. – 784 с.
4. Chernov, A. Regional bank of samara region satellite images / A. Chernov, M. Gashnikov, N. Glumov, V. Sergeev // Proceedings of 9-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-9-2008). – Russian Federation, Nizhni Novgorod. – 2008. – Vol. 1. – P. 162-165.
5. Глумов, Н.И. Автоматизированное формирование регионального банка космических снимков и его исполь-

зование в геопорталах / Н.И. Глумов, В.Н. Копенков, Е.В. Мясников, А.В. Сергеев, А.В. Чернов, Н.В. Чушшев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: сб. статей. – М.: ООО «ДоМира». – 2010. – Т. 7, № 2. – С. 129-138.

6. Белова, О.А. Применение космического мониторинга для решения задач природопользования в Самарской области / О.А. Белова, В.Н. Копенков // Сборник тезисов докладов Всероссийской конференции с международным участием «Применение космических технологий для развития арктических регионов». – Россия, г. Архангельск. – 2013. – С. 186-187.
7. Центр коллективного пользования оборудованием «Космическая геоинформатика» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ckp-rf.ru/ckp/3186/> (дата обращения 12.10.2014).
8. Архивы спутниковых изображений, данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса ИТЦ СканЭкс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.scanex.ru/ru/data/index.html> (дата обращения 12.10.2014).
9. Архивы данных метеорологических спутников серии NOAA и информационные продукты, получаемые на их основе ИКИ РАН [Электронный ресурс]. – URL: <http://smiswww.iki.rssi.ru/default.aspx?page=12> (дата обращения 12.10.2014)

References

- [1] Myshkin VN, Skarbovenko VA. Savromatskie and early-sarmatskie burial of the Samara Zavolzha. [In Russian]. Local Lore Notes. Samara. 1996; 8: 196-223.
- [2] Myshkin VN, Skarbovenko VA. Early nomads of the Samara Volga region: the history and the results of explore, 40 year after the Middle Volga archaeological expedition. [In Russian]. Local Lore Notes. Samara. 2010; 15: 87-100.
- [3] Gashnikov MV, Glumov NI, Ilyasova NYu, Myasnikov VV, Popov SB, Sergeev VV, Soifer VA, Hramov AG, Chernov AV, Chernov VM, Chicheva MA, Fursov VA. Methods of computer image processing. Part II: Methods and algorithms. Ed by Soifer VA. Moscow: "Fizmatlit" Publisher, 2009.
- [4] Chernov A, Gashnikov M, Glumov N, Sergeev V. Regional bank of samara region satellite images. Proceedings of 9-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-9-2008). Russian Federation, Nizhni Novgorod. 2008; 1: 162-165.
- [5] Glumov NI, Kopenkov VN, Myasnikov EV, Sergeev AV, Chernov AV, Chupshev NV. The automated formation of a regional bank of satellite images and its usage in geoportals [In Russian]. Collection of articles "Modern problems of remote sensing of Earth from space." Moscow: "Domira." 2010; 7(2): 129-138.
- [6] Belova OA, Kopenkov VN. The usage of the space monitoring for solving problems of wildlife management in the Samara region [In Russian]. Book of abstracts of All-Russian conference with the international participation "Application of space technology for the progress of Arctic regions." Russia, Arkhangelsk. 2013; 186-187.
- [7] Center of collective use of equipment "Space geoinformatics". Source: (<http://www.ckp-rf.ru/ckp/3186/>).
- [8] Archives of satellite imagery, remote sensing data (RS) of ETC ScanEx. Source: (<http://www.scanex.ru/ru/data/index.html>).
- [9] Archives of meteorological data from NOAA satellites and information products obtained on their basis from IKI RAS. Source: (<http://smiswww.iki.rssi.ru/default.aspx?page=12>).

STUDY OF THE APPLICABILITY OF SATELLITE IMAGERY TO DETECTING ARCHEOLOGICAL OBJECTS

R.S. Bagautdinov¹, V.N. Kopenkov^{2,3}, V.N. Myshkin⁴, V.V. Sergeev^{2,3}, S.A. Tribunskiy⁵

¹ Samara State University, Samara, Russia,

² Samara State Aerospace University, Samara, Russia,

³ Image Processing Systems Institute, Samara, Russia,
Russian Academy of Sciences,

⁴ Povolzhskaya State Social Humanity Academy, Samara, Russia,

⁵ Association of Samara Region Universities, Samara, Russia

Abstract

The paper discusses the applicability of satellite images obtained through Earth remote sensing to detecting archaeological objects – burial mounds – that are widely found in the steppe regions of the Samara Region. Requirements for the satellite images that enable the task to be adequately fulfilled are formulated. Methods of computer image processing that provide improved decoding of satellite images (improved object recognition quality) by a human operator are proposed.

Keywords: archaeological objects, burial mounds, Earth satellite images, computer processing, detection improvement.

Citation: Bagautdinov R, Kopenkov V, Myshkin V, Sergeev V, Tribunskiy S. Study of the applicability of satellite imagery to detecting archeological objects. *Computer Optics* 2015; 39(3): 438-44.

Сведения об авторах

Багаутдинов Риза Салихович, 1948 года рождения. В 1975 окончил Куйбышевский (ныне Самарский) государственный университет (КуГУ/СамГУ). В 1984 г. защитил диссертацию на соискание степени кандидата исторических наук. В настоящее время работает доцентом кафедры российской истории СамГУ. Сфера научных интересов – культура населения Среднего Поволжья в бронзовом веке, Волжская Болгария. Автор 20 научных статей, соавтор одной монографии.

Riza Salihovich Bagautdinov, was born in 1948. In 1975 he graduated from Kuibyshev (now Samara) State University (KuSU/SaSU). In 1984 he defended a doctoral dissertation as a Doctor of historical sciences. At present he is working as a reader of Russian history department SaSU. The sphere of scientific interests is the culture of the population of the Middle Volga region in the Bronze Age, Volzhskaya Bulgaria. He is author of 20 scientific articles and 1 monograph.

Копенков Василий Николаевич, 1978 года рождения. В 2001 окончил Самарский государственный аэрокосмический университет (СГАУ). В 2011 защитил диссертацию на соискание степени кандидата технических наук. В настоящее время работает доцентом кафедры геоинформатики и информационной безопасности СГАУ и по совместительству научным сотрудником в Институте систем обработки изображений РАН. Круг научных интересов включает цифровую обработку сигналов и изображений, геоинформатику, распознавание образов. Имеет 45 публикаций, из них 16 статей. Является членом Российской ассоциации распознавания образов и анализа изображений.

E-mail: vkop@smr.ru. <http://www.ipsi.smr.ru/staff/kopenkov.htm>

Vasily Nikolaevich Kopenkov (b. 1978), graduated from S.P. Korolyov Samara State Aerospace University (SSAU) at 2001, received her PhD in Technical Sciences at 2011. At present he is a docent at SSAU's Geoinformatics and Information Security sub-department, holding a part-time position of a researcher at the Image Processing Systems Institute of the Russian Academy of Sciences. The area of interests includes digital signals and image processing, geoinformatics, pattern recognition. He is co-author of 45 scientific papers, including 16 articles. He is a member of Russian Association of Pattern Recognition and Image Analysis.

Сергеев Владислав Викторович родился в 1951 году. В 1974 году окончил Куйбышевский авиационный институт (ныне Самарский государственный аэрокосмический университет (национальный исследовательский университет), СГАУ). В 1993 году защитил диссертацию на соискание степени доктора технических наук. В настоящее время работает заведующим лабораторией математических методов обработки изображений в Институте систем обработки изображений РАН. Круг научных интересов: цифровая обработка сигналов, анализ изображений, распознавание образов, геоинформатика. Имеет около 270 публикаций, в том числе 57 статей, четыре монографии (в соавторстве). Председатель Поволжского отделения Национального комитета РАН по распознаванию образов и анализу изображений. Член-корреспондент Российской экологической академии и Академии инженерных наук РФ, член SPIE (The International Society for Optical Engineering), лауреат Самарской губернской премии в области науки и техники.

E-mail: vserg@smr.ru.

Vladislav Victorovich Sergeev (1951 b.), graduated (1974) from S.P. Korolyov Samara State Aerospace University (SSAU). He received his PhD in Technical sciences (1978) and DrSc degree in Physics & Maths (1993). At present he is a head of laboratory at the Image Processing Systems Institute of the Russian Academy of Sciences, and, holding a part-time position as the head of the Geoinformatics and Information Security sub-department at SSAU. The area of interests includes digital signals and image processing, geoinformatics and pattern recognition. He's list of publications contains about 270 scientific papers, including 4 monographs. He is a member of Russian Association of Pattern Recognition and Image Analysis and The International Society for Optical Engineering.

Мышкин Владимир Николаевич, 1959 года рождения. В 1981 окончил Куйбышевский (ныне Самарский) государственный университет (КуГУ/СамГУ). В 1993 г. защитил диссертацию на соискание степени кандидата исторических наук. В настоящее время работает заведующим археологической лабораторией Поволжской государственной социально-гуманитарной академии. Сфера научных – история и культура кочевых скотоводческих племён Поволжья и Южного Урала в I тыс. до н.э. Автор 63 научных статей, соавтор одной монографии.

E-mail: vnm59@bk.ru.

Vladimir Nicolaevich Myshkin, was born in 1959. In 1981 he graduated from Kuibyshev (now Samara) State University (KuSU/SaSU). In 1993 he defended a doctoral dissertation as a Doctor of historical sciences. At present he is working as the head of the archeological laboratory of Povolzhskaya State Soical Humanity Academy. The sphere of scientific interests is the history and culture of nomadic cattle-breeding tribes of the Volga and South Ural region in I millennium B.C. He is author of 63 scientific articles and co-author of 1 monograph.

Трибунский Сергей Александрович, 1976 года рождения. В 1999 году окончил Самарский государственный университет (СамГУ). В 2003 защитил диссертацию на соискание степени кандидата исторических наук. В настоящее время работает доцентом кафедры российской истории СамГУ. Круг научных интересов включает археологические исследования курганных могильников Поволжья и Приуралья, ранний железный век, кочевнические древности юга России. Имеет 10 публикаций, из них 8 статей.

E-mail: Ser.6791@yandex.ru.

Sergei Aleksandrovich Tribunskii (b. 1976), graduated from Samara State University (SSU) at 1999, received her PhD in Historical Sciences at 2003. At present he is a docent at SSU's Russian History sub-department. The area of interests includes archeological research burial mounds of Volga region, and Urals region, early iron age, nomad's antiquity the South of Russia. He is author of 10 scientific papers, including 8 articles.

*Поступила в редакцию 29 мая 2015 г.
Окончательный вариант – 19 июня 2015 г.*