

**Пушкарёва Елена Юрьевна** – Филиал Военной академии РВСН им. Петра Великого; e-mail: calgon100@yandex.ru; г. Серпухов, Россия; тел.: 89151927439; д.т.н.; профессор.

**Пискулин Игорь Викторович** – e-mail: pikselzte@gmail.com; тел.: 89257250636; преподаватель.

**Pushkareva Elena Yuryevna** – Branch of the Military Academy of the Peter the Great Strategic Missile Forces; e-mail: calgon100@yandex.ru; Serpukhov, Russia; phone: +79151927439; dr. of eng. sc.; professor.

**Piskulin Igor Viktorovich** – e-mail: pikselzte@gmail.com; phone: +79257250636; lecturer.

УДК 004.81: 004.75

DOI 10.18522/2311-3103-2023-1-100-109

**К.Ч. Бжихатлов, И.А. Пшенокова, А.У. Заммоев, Л.Б. Кокова**  
**АВТОНОМНЫЙ РОБОТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НАЗЕМНЫХ**  
**АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ РАСКОПОК**

*Огромный интерес к культурному наследию отражает желание человека знать и понимать свое происхождение и достижения. Однако, археологические памятники, как и природная среда, являются конечными не возобновляемыми ресурсами. Среди всех видов наследия, находящихся под угрозой, археологические памятники и их богатство информации и артефактов находятся под наибольшей угрозой. В современной практике варианты сохранения археологических памятников включают реконструкцию, повторную сборку (анастилез), сохранение и заципту in situ, включая укрытия и/или консолидацию тканей, сохранение ex situ путем перемещения, а также перезахоронение с интерпретацией участка или без нее. Однако, очень важно при проведении археологических раскопок не перемещать и не терять артефакты. При утрате или перемещении теряется их информационный потенциал. С целью обеспечения постоянного контроля процесса археологических изысканий, фиксации найденных артефактов, построения трехмерной модели изучаемого объекта и обеспечения безопасности на участке разработана система мониторинга раскопок, развернутая на автономном роботе. Задача данного исследования – разработка аппаратного и программного обеспечения робота. Робот представляет собой подвесную платформу сбора данных, перемещение которой обеспечивается несколькими тросами, закрепленными на неподвижных опорах. Перемещение платформы (как в плоскости, так и по высоте) обеспечивается за счет изменения длины тросов. Подобная схема перемещения позволяет обеспечить возможность перемещения платформы во всей плоскости треугольника, образуемого неподвижными опорами, а также спускаться или подниматься до высоты, ограниченной высотой самих опор. Платформа сбора данных, представляет собой плоскую платформу с установленной на ней модулем связи, микроконтроллером и аккумулятором. Снизу прикреплен гиростабилизатор, с закрепленными на нем видеокамерой и дальномером, который позволяет погасить колебания при движении платформы и внешних возмущениях. Представлен мультиагентный алгоритм работы системы мониторинга робота в процессе раскопок. Разработана программа для управления и сбора данных с системы мониторинга археологических объектов. Для апробации системы мониторинга изготовлен прототип робота, который был протестирован во время раскопок комплекса археологических памятников в Баксанском районе Кабардино-Балкарской республики.*

*Автономный робот, археологические раскопки, система мониторинга, мультиагентные системы.*

**K.Ch. Bzhikhatlov, I.A. Pshenokova, A.U. Zammoev**  
**AUTONOMOUS ROBOT FOR MONITORING GROUND**  
**ARCHAEOLOGICAL SITES**

*The great interest in cultural heritage reflects a person's desire to know and understand their origins and achievements. However, archaeological sites, like the natural environment, are finite non-renewable resources. Of all the types of heritage under threat, archaeological sites and their wealth of information and artifacts are the most threatened. In current practice, options for the preservation of archaeological sites include reconstruction, reassembly (anastilosis), in situ*

*conservation and protection, including shelter and/or tissue consolidation, ex situ preservation by relocation, and reburial with or without site interpretation. her. However, it is very important not to move or lose artifacts during archaeological excavations. If they are lost or moved, their information potential is lost. In order to ensure constant control of the process of archaeological research, fixing the artifacts found, building a three-dimensional model of the object under study and ensuring safety at the site, an excavation monitoring system has been developed, deployed on an autonomous robot. The objective of this study is the development of hardware and software for the robot. The robot is a suspended platform for data collection, the movement of which is provided by several cables fixed on fixed supports. The movement of the platform (both in the plane and in height) is provided by changing the length of the cables. Such a movement scheme makes it possible to move the platform in the entire plane of the triangle formed by the fixed supports, as well as to descend or ascend to a height limited by the height of the supports themselves. The data acquisition platform is a flat platform with a communication module, a microcontroller and a battery installed on it. A gyro stabilizer is attached to the bottom, with a video camera and a rangefinder mounted on it, which allows you to dampen vibrations during the movement of the platform and external disturbances. A multi-agent algorithm for the operation of the robot monitoring system during excavation is presented. A program has been developed for managing and collecting data from the monitoring system of archaeological sites. To test the monitoring system, a robot prototype was made, which was tested during excavations of a complex of archaeological monuments in the Baksan region of the Kabardino-Balkarian Republic.*

*Autonomous robot; archaeological excavations; monitoring system; multi-agent systems.*

**Введение.** Ежегодно во всем мире миллионы людей посещают музеи, исторические города и древние места, чтобы соприкоснуться с прошлым. Этот огромный интерес к нашему культурному наследию отражает желание людей знать и понимать происхождение человека и достижения. Однако, археологические памятники очень уязвимы и могут быть разрушены либо в результате строительства, стихийных бедствий, таких как наводнения, либо природных процессов, таких как эрозия. Поскольку археологические материалы являются не возобновляемым ресурсом, очень важно задокументировать любые места, находящиеся под угрозой уничтожения. В современной практике варианты сохранения археологических памятников включают реконструкцию, повторную сборку (анастилез), сохранение и защиту *in situ*, включая укрытия и/или консолидацию тканей, сохранение *ex situ* путем перемещения, а также перезахоронение с интерпретацией участка или без нее.

С развитием робототехники и систем искусственного интеллекта в археологических раскопках все чаще используются роботы различного назначения [1]. Роботы хороши для доступа к небольшим пространствам, таким как подземные туннели, вентиляционные шахты и скрытые отсеки. Они могут оснащаться различными датчиками с определенной степенью автономности для выполнения навигационных и исследовательских задач в полевых условиях [2–4] и под водой [5–9], а также для создания 3D-карт местности раскопок [10, 11].

Беспилотные летательные аппараты могут быть полезными инструментами для каталогизации и обследования археологических памятников. Дроны имеют возможность делать фотографии в любое время, в любом месте и под любым возможным углом, а также могут быть оснащены датчиками для получения хороших трехмерных пространственных координат и построения 3D карт [12, 13].

Применение тросовых приводов в робототехнике имеет достаточно большой потенциал в задачах, связанных с трехмерным перемещением робота в определенном ограниченном объеме. Мы предлагаем использовать автономного робота с тросовым приводом для обеспечения постоянного контроля процесса археологических изысканий, фиксации найденных артефактов, построения трехмерной модели изучаемого объекта и обеспечения безопасности на участке. Тросовый привод робота имеет ряд преимуществ: большая рабочая область, простота сборки и разборки, высокая мобильность, большая грузоподъемность и простота перена-

стройки [14]. Использование БПЛА связано с ограничением грузоподъемности и времени работы батареи. При использовании тросового привода емкость батареи не ограничивает время и рабочее пространство робота. Контролируя длины кабелей в широких пределах, можно получить доступ к очень большому рабочему пространству от нескольких десятков сантиметров до нескольких десятков метров и более. Также использование тросового привода имеет преимущества перед обычными манипуляторами. Использование тросов вместо жестких звеньев дополнительно уменьшает массу, так как приводы не меняют положение и крепятся к неподвижному основанию так, что единственными движущимися частями являются тросы и выходное звено. Такой робот отличается более высокой скоростью и маневренностью, а также увеличенной грузоподъемностью. Кроме того, затраты на производство подобных роботов значительно ниже, чем у манипуляторов.

*Целью* представленного исследования является разработка робототехнической системы, предназначенной для проведения постоянного мониторинга процесса археологических раскопок.

*Задача* исследования – разработка аппаратного и программного обеспечения робота.

Подобная система позволит, не нарушая процесса работы археологов, фиксировать найденный объект, его расположение и глубину залегания. Такая возможность своевременной фиксации и оцифровки результатов археологических исследований обеспечит высокую достоверность исторических изысканий и сохранность экспонатов, что является весьма актуальной задачей. И в отличие от распространенных в археологии БПЛА и стационарных 3D сканеров [15, 16] позволит работать в более сложных условиях без необходимости постоянной смены аккумуляторов.

**Аппаратная реализация автономного робота для мониторинга археологических раскопок.** С целью обеспечения постоянного контроля процесса археологических изысканий, фиксации найденных артефактов, построения трехмерной модели изучаемого объекта и обеспечения безопасности на участке разработана система мониторинга раскопок. Поскольку археологические раскопки проводятся на небольшом участке в течении нескольких недель [17, 18], наиболее удобной реализацией системы мониторинга представляется подвесная платформа, которая реализована по схеме роботизированной транспортной платформы с гибкими подвижными звеньями, перемещение подвеса в которой обеспечивается изменением длины натяжения закрепленных к нему нескольких тросов благодаря приводам накопительных барабанов, которые закреплены на неподвижных опорах, расставленных по углам археологического объекта. Схема реализации подобной системы показана на рис. 1 и 2 (вид сверху и сбоку, соответственно).

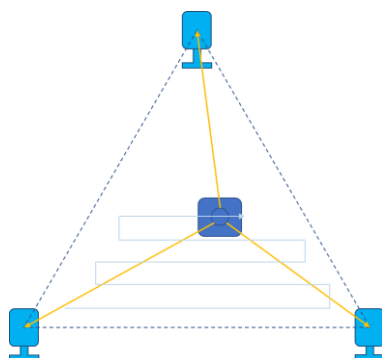


Рис. 1. Схема крепления робота для мониторинга археологических раскопок (вид сверху)

Как видно из рисунков, система мониторинга состоит из трех неподвижных опор, расположенных по краям области раскопок. К опорам на тросах закреплена платформа, на которой расположены все необходимые датчик. Перемещение платформы (как в плоскости, так и по высоте) обеспечивается за счет изменения длины тросов. Подобная схема перемещения позволяет обеспечить возможность перемещения платформы во всей плоскости треугольника, образуемого неподвижными опорами, а также спускаться или подниматься до высоты, ограниченной высотой самих опор.

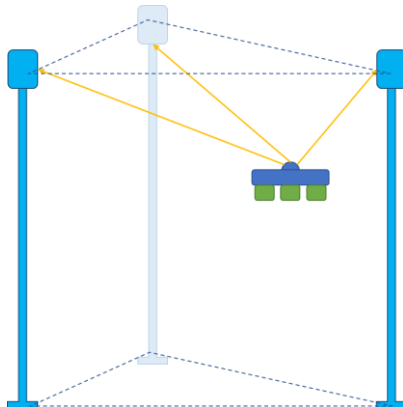


Рис. 2. Схема крепления робота для мониторинга археологических раскопок (вид сбоку)

За обеспечение перемещения платформы отвечают блоки натяжения тросов, установленные на вершинах трех опор. Структурная схема подобного блока показана на рис. 3. Данный блок состоит из микроконтроллера, отвечающего за управления всей системой, системы связи, отвечающей за согласованную работу всех опор и получение задания от пользователя и системы энергообеспечения. Намотка троса на катушку осуществляется электромотором, а за длины троса отвечает энкодер, подключённый к валу данного мотора.

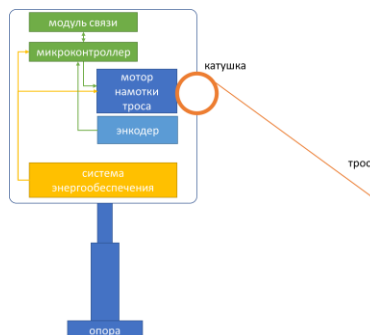


Рис. 3. Структурная схема блока натяжения троса

Три блока натяжения троса перемещают платформу сбора данных, схема которой приведена на рис. 4. Она представляет собой плоскую платформу с установленной на ней модулем связи, микроконтроллером и аккумулятором. Снизу к платформе прикреплен гиростабилизатор, позволяющих погасить колебания при движении платформы и внешних возмущениях. На нем, в свою очередь, закрепляются датчики для сбора данных, в частности: видеокамера и дальномер.

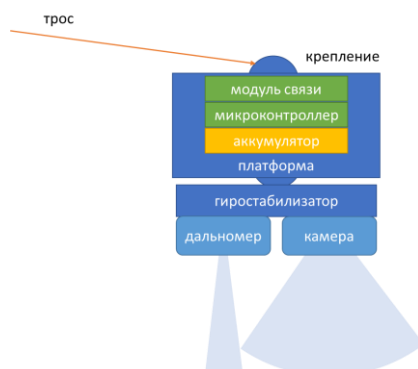


Рис. 4. Структурная схема платформы сбора данных

Установленные датчики позволяют не только визуально фиксировать обнаруженные экспонаты, но и за счет сканирования дальномером строить трехмерное облако точек. Использование стереографии и данных с дальномера позволит построить послойную трехмерную текстурированную модель всей области раскопок.

Для апробации системы изготовлена тестовая версия робота. Каждая опора представляет собой телескопические штанги, позволяющие установить блоки натяжения тросов на высоту до 9 метров. Запас длины троса позволяют расположить опоры и обеспечить область сканирования в виде равнобедренного треугольника со стороной 10 м. На рис. 5 показана фотография процесса тестирования работы системы во время раскопок комплекса археологических памятников в Баксанском районе Кабардино-Балкарской республики.



Рис. 5. Фотография процесса тестирования работы системы мониторинга археологических раскопок

Система мониторинга позволила собрать массив видеоматериала при раскопках могильника возле села Заюково КБР. При этом, за счет достаточной высоты опор, участники экспедиции не должны испытывать сложностей в процессе работы. Учитывая условия работы – все узлы на платформе и блоках натяжения тросов расположены в защищенных корпусах. Для управления системой использовались микроконтроллеры ESP-32. Передача данных между узлами системы обеспечивалась по протоколу UPIONET в коммуникационной сети RS-485. Для связи с пользователем предусмотрена возможность использования протокола TCP/IP и WiFi связи.

### Система управления автономным роботом для мониторинга раскопок.

Управление системой мониторинга раскопок осуществляется программами, расположенными на микроконтроллере платформы и микроконтроллерах блоков натяжения тросов. Общий алгоритм работы системы показан на рис. 6.

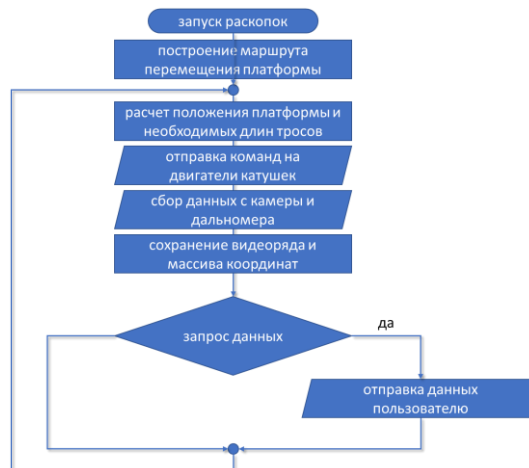


Рис. 5. Алгоритм работы системы мониторинга процесса раскопок

Программа, после развертывания и начала раскопок, строит маршрут перемещения платформы. Чаще всего – это сканирование некоторой области, соответствующей предполагаемому расположению объекта археологического интереса. Затем, в цикле идет расчет положения платформы (триангуляция за счет известных длин тросов) и расчет скорости работы катушек для перемещения платформы в нужную позицию. Полученная информация в виде команд для двигателей отправляется микроконтроллерам блоков управления тросами. Параллельно идет сбор данных с датчиков (собственное положение, кадр с камеры, измеренное расстояние с датчика расстояния). Эти данные хранятся на борту микроконтроллера до тех пор, пока не будет налажена связь с пользователем, которая позволит выгрузить накопленные данные на внешнее хранилище.

За интеллектуальную обработку собранных данных отвечает так называемый «интеллектуальный агент» [19], представляющий мультиагентную нейрокогнитивную архитектуру [20], моделирующую процесс рассуждения при анализе полученных моделей [21]. В данной архитектуре аккумулируются данные с камеры и дальномера в виде сообщений, отправляемых на соответствующие агенты-сенсоры (сенсор координат, сенсор областей, сенсор цветов и т.д.). На основе сообщений с данных сенсоров и системы распознавания [22] в мультиагентной архитектуре создаются агенты-объекты, отвечающие за репрезентацию объектов реального мира и связанные с ними мультиагентными контрактами агенты-свойства [23]. Данные с камеры и дальномера позволят строить представление о внешнем виде, положении, глубине залегания и форме найденного археологического объекта, а возможность обучения системы позволит в дальнейшем автоматически распознавать объекты и определять не только их назначение, но и эпоху и культуру, к которой можно отнести находку.

Установка задания и получение информации с системы мониторинга археологических раскопок обеспечивается отдельной программой, выполняющей функцию пульта управления для пользователя. Скриншот основного окна программы показан на рис. 6.

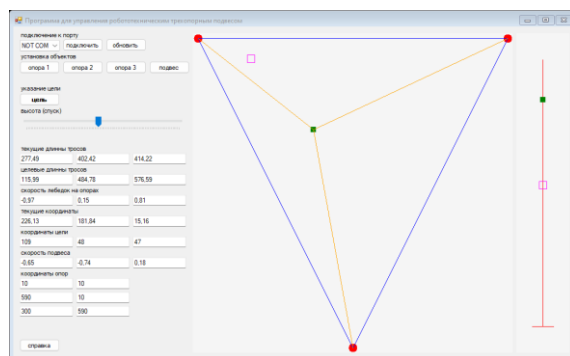


Рис. 6. Программа для управления и сбора данных с системы мониторинга археологических объектов

Программа разработана на языке программирования C# и позволяет как задать область сканирования, так и управлять каждым тросом в ручном режиме. Она же занимается периодическим сбором полученных данных, сохранением на локальном диске и их отправкой в виде сообщений «интеллектуальному агенту».

**Заключение.** В рамках исследования предложен автономный робот для мониторинга наземных археологических раскопок. Научная новизна работы обусловлена применением робота с тросовым приводом для обеспечения постоянного контроля процесса археологических изысканий, фиксации найденных артефактов и построения трехмерной модели изучаемого объекта. Такая конструкция позволяет увеличить скорость работы, стабильность и грузоподъемность робота. Он прост в транспортировке и установке. Кроме того, затраты на производство подобных роботов значительно ниже, чем для многозвенного манипулятора или БПЛА.

Разработана конструкция и алгоритм работы трехопорного автономного кабельного робота. Представлены структурные схемы основных узлов системы мониторинга, алгоритм работы управляющей программы и архитектура системы обработки данных, полученных описанным роботом. Приведено описание разработанной программы для управления трехопорной тросовой системой передвижения платформы для мониторинга состояния раскопок. Для апробации системы мониторинга изготовлен прототип робота, который был протестирован во время раскопок комплекса археологических памятников в Баксанском районе Кабардино-Балкарской республики.

Полученные результаты могут быть применены для разработки интеллектуальных систем мониторинга и контроля не только археологических изысканий, но и других стационарных процессов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bickler S.H. Machine learning arrives in archaeology // *Advances in Archaeological Practice*. – 2021. – Vol. 9, No. 2. – P. 186-191.
2. Coad M.M. et al. Vine Robots // *IEEE Robotics & Automation Magazine*. – 2019. – Vol. 27, No. 3. – P. 120-132.
3. Morgan C. Avatars, monsters, and machines: A cyborg archaeology // *European Journal of Archaeology*. – 2019. – Vol. 22, No. 3. – P. 324-337.
4. Mantovan L., Nanni L. The computerization of archaeology: survey on artificial intelligence techniques // *SN Computer Science*. – 2020. – Vol. 1. – P. 1-32.
5. Tsiogkas N. et al. Efficient multi-AUV cooperation using semantic knowledge representation for underwater archaeology missions // *2014 Oceans-St. John's. – IEEE, 2014. – P. 1-6.*

6. Allotta B. et al. The ARROWS project: adapting and developing robotics technologies for underwater archaeology // IFAC-PapersOnLine. – 2015. – Vol. 48, No. 2. – P. 194-199.
7. Johnson-Roberson M. et al. High-resolution underwater robotic vision-based mapping and three-dimensional reconstruction for archaeology // Journal of Field Robotics. – 2017. – Vol. 34, No. 4. – P. 625-643.
8. Hotta S., Mitsui Y., Suka M. et al. Lightweight underwater robot developed for archaeological surveys and excavations // Robomech. – 2023. – Vol. 10. – P. 2-12. <https://doi.org/10.1186/s40648-023-00240-4>.
9. Barceló J.A., Cameron S., Kenderdine F. Automatic archaeology // Theorizing digital cultural heritage. – 2007. – P. 437-56.
10. Fuller G. Towards an archaeology of 'know-how' // Cultural studies review. – 2013. – Vol. 19, No. 1. – P. 271-295.
11. Lieven V. ArchGeoRobot: Automated Archaeo-Geophysical Data Acquisition Using an Unmanned Ground Vehicle // ArcheoSciences. – 2021. – 45-1. – P. 219-221.
12. Zhang G. et al. SmartCaveDrone: 3D cave mapping using UAVs as robotic co-archaeologists // 2017 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). – IEEE, 2017. – P. 1052-1057.
13. Forte M., Pietroni E. 3D collaborative environments in archaeology: Experiencing the reconstruction of the past // International Journal of Architectural Computing. – 2009. – Vol. 7, No. 1. – P. 57-76.
14. Гапоненко Е.В., Рыбак Л.А., Холошевская Л.Р. Структурный анализ и классификация роботизированных систем с приводными механизмами на основе кабельных элементов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 9. – С. 126-136. – DOI: 10.34031/article\_5da4652c1400a3.95219452.
15. Проконец С.Д., Белов Д.М. Современные способы фиксации археологических объектов в полевых условиях // Мультидисциплинарные исследования в археологии. – 2018. – № 2. – С. 94-102.
16. Шуберт Х. 3Д-фотограмметрия с применением БПЛА в процессе археологического исследования // Вестник Омского университета. Серия «Исторические науки». – 2016. – № 4. – С. 124-127.
17. Голованова Л.В., Дороничев В.Б., Дороничева Е.В. Новые данные по палеолиту Приэльбрусья // Российская археология. – 2019. – № 2. – С. 7-18.
18. Исследование памятников эпохи палеолита. Серия «Методика полевых археологических исследований». Вып. 7. – М.: ИА РАН, 2012. – 80 с.
19. Пшенокова И.А., Сундуков З.А. Разработка имитационной модели сценарного прогнозирования поведения интеллектуального агента на основе инварианта рекурсивной мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 6 (98). – С. 80-90.
20. Нагоев З.В. Интеллектика, или мышление в живых и искусственных системах. – Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2013. – 211 с.
21. Nagoev Z. et al. Learning algorithm for an intelligent decision making system based on multi-agent neurocognitive architectures // Cognitive Systems Research. – 2021. – Vol. 66. – P. 82-88.
22. Nagoev Z. et al. Multi-agent neurocognitive architecture of an intelligent agent pattern recognition system // Procedia Computer Science. – 2022. – Vol. 213. – P. 504-509.
23. Нагоев З.В. и др. Автономный синтез пространственных онтологий в системе принятия решений мобильного робота на основе самоорганизации мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 6 (98). – С. 68-79.

#### REFERENCES

1. Bickler S.H. Machine learning arrives in archaeology, *Advances in Archaeological Practice*, 2021, Vol. 9, No. 2, pp. 186-191.
2. Coad M.M. et al. Vine Robots, *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 2019, Vol. 27, No. 3, pp. 120-132.
3. Morgan C. Avatars, monsters, and machines: A cyborg archaeology, *European Journal of Archaeology*, 2019, Vol. 22, No. 3, pp. 324-337.



4. Mantovan L., Nanni L. The computerization of archaeology: survey on artificial intelligence techniques, *SN Computer Science*, 2020, Vol. 1, pp. 1-32.
5. Tsiogkas N. et al. Efficient multi-AUV cooperation using semantic knowledge representation for underwater archaeology missions, *2014 Oceans-St. John's*. IEEE, 2014, pp. 1-6.
6. Allotta B. et al. The ARROWS project: adapting and developing robotics technologies for underwater archaeology, *IFAC-PapersOnLine*, 2015, Vol. 48, No. 2, pp. 194-199.
7. Johnson-Roberson M. et al. High-resolution underwater robotic vision-based mapping and three-dimensional reconstruction for archaeology, *Journal of Field Robotics*, 2017, Vol. 34, No. 4, pp. 625-643.
8. Hotta S., Mitsui Y., Suka M. et al. Lightweight underwater robot developed for archaeological surveys and excavations, *Robomech*, 2023, Vol. 10, pp. 2-12. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40648-023-00240-4>.
9. Barceló J.A., Cameron S., Kenderdine F. Automatic archaeology, *Theorizing digital cultural heritage*, 2007, pp. 437-56.
10. Fuller G. Towards an archaeology of 'know-how', *Cultural studies review*, 2013, Vol. 19, No. 1, pp. 271-295.
11. Lieven V. ArchGeoRobot: Automated Archaeo-Geophysical Data Acquisition Using an Unmanned Ground Vehicle, *ArcheoSciences*, 2021, 45-1, pp. 219-221.
12. Zhang G. et al. SmartCaveDrone: 3D cave mapping using UAVs as robotic co-archaeologists, *2017 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*. IEEE, 2017, pp. 1052-1057.
13. Forte M., Pietroni E. 3D collaborative environments in archaeology: Experiencing the reconstruction of the past, *International Journal of Architectural Computing*, 2009, Vol. 7, No. 1, pp. 57-76.
14. Gaponenko E.V., Rybak L.A., KHoloshevskaya L.R. Strukturnyy analiz i klassifikatsiya robotizirovannykh sistem s privodnymi mekhanizmami na osnove kabel'nykh elementov [Structural analysis and classification of robotic systems with driving mechanisms on the basis of cable elements], *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova* [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov], 2019, No. 9, pp. 126-136. DOI: 10.34031/article\_5da4652c1400a3.95219452.
15. Prokopets S.D., Belov D.M. Sovremennyye sposoby fiksatsii arkhologicheskikh ob"ektov v polevykh usloviyakh [Modern methods of fixing archaeological objects in the field [Sovremennyye sposoby fiksatsii arkhologicheskikh ob"ektov v polevykh usloviyakh], *Mul'tidistsiplinarnyye issledovaniya v arkhologii* [Multidisciplinary research in archeology], 2018, No. 2, pp. 94-102.
16. Shubert Kh. 3D-fotogrammetriya s primeneniem BPLA v protsesse arkhologicheskogo issledovaniya [D-photogrammetry with the use of UAVs in the process of archaeological research], *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya «Istoricheskie nauki»* [Bulletin of the Omsk University. Series «Historical Sciences»], 2016, No. 4, pp. 124-127.
17. Golovanova L.V., Doronichev V.B., Doronicheva E.V. Novyye dannyye po paleolitu Priel'brus'ya [New data on the Paleolithic of the Elbrus region], *Rossiyskaya arkhologiya* [Russian archeology], 2019, No. 2, pp. 7-18.
18. Issledovanie pamyatnikov epokhi paleolita. Seriya «Metodika polevykh arkhologicheskikh issledovaniy» [Study of the monuments of the Paleolithic era. Series "Methods of field archaeological research"]. Issue 7. Moscow: IA RAN, 2012, 80 p.
19. Pshenokova I.A., Sundukov Z.A. Razrabotka imitatsionnoy modeli stsenarnogo prognozirovaniya povedeniya intellektual'nogo agenta na osnove invarianta rekursivnoy mul'tiagentnoy neyrokognitivnoy arkhitektury [Development of a simulation model for scenario prediction of the behavior of an intelligent agent based on the invariant of a recursive multi-agent neurocognitive architecture], *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2020, No. 6 (98), pp. 80-90.
20. Nagoev Z.V. Intellektika, ili myshlenie v zhivyykh i iskusstvennykh sistemakh [Intelligence, or thinking in living and artificial systems]. Nal'chik: Izd-vo KBNTS RAN, 2013, 211 p.
21. Nagoev Z. et al. Learning algorithm for an intelligent decision making system based on multi-agent neurocognitive architectures, *Cognitive Systems Research*, 2021, Vol. 66, pp. 82-88.
22. Nagoev Z. et al. Multi-agent neurocognitive architecture of an intelligent agent pattern recognition system, *Procedia Computer Science*, 2022, Vol. 213, pp. 504-509.

23. *Nagoev Z.V. i dr. Avtonomnyy sintez prostranstvennykh ontologiy v sisteme prinyatiya resheniy mobil'nogo robota na osnove samoorganizatsii mul'tiagentnoy neyrokognitivnoy arkhitektury* [Autonomous synthesis of spatial ontologies in the decision-making system of a mobile robot based on self-organization of a multi-agent neurocognitive architecture], *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2020, No. 6 (98), pp. 68-79.

Статью рекомендовала к опубликованию д.т.н. Т.Ю. Хаширова.

**Бжихатлов Кантемир Чамалович** – ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»; e-mail: haosit13@mail.ru; г. Нальчик, Россия; тел.: +79631663448; к.ф.-м.н.; зав. лабораторией «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы».

**Заммоев Аслан Узейрович** – e-mail: zammoev@mail.ru; к.т.н.; старший научный сотрудник лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы».

**Коккова Ляна Башировна** – e-mail: lianka\_89@list.ru; младший научный сотрудник лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы».

**Пшенокова Инна Аuesовна** – Институт информатики и проблем регионального управления – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»; e-mail: pshenokova\_inna@mail.ru; г. Нальчик, Россия; к.ф.-м.н.; зав. лабораторией «Интеллектуальные среды обитания».

**Bzhikhatlov Kantemir Chamalovich** – Federal public budgetary scientific establishment «Federal scientific center «Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»; e-mail: haosit13@mail.ru; Nalchik, Russia; phone: +79631663448; cand. of phys. and math. sc.; head of the laboratory «Neurocognitive autonomous intelligent systems».

**Zammoev Aslan Uzeyrovich** – e-mail: zammoev@mail.ru;; cand. of eng. sc.; senior researcher of the laboratory «Neurocognitive autonomous intelligent systems».

**Kokova Liana Bashirovna** – e-mail: lianka\_89@list.ru;; research assistant of the laboratory «Neurocognitive autonomous intelligent systems».

**Pshenokova Inna Auesovna** – Institute of Computer Science and Problems of Regional Management, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; e-mail: pshenokova\_inna@mail.ru; Nalchik, Russia; cand. of phys. and math. sc.; head of the laboratory «Intellectual'nyye sredy obitaniya».