

Сиринаева Е.В.
МГУ им. М.В. Ломоносова

Москва, 2025

Роль IT в археологии

1. Использование информационных технологий для раскопок и анализа

Современные информационные технологии играют ключевую роль в археологических раскопках и анализе полученных данных, значительно ускоряя и упрощая процессы исследования. Одним из наиболее важных инструментов является геоинформационная система (ГИС), которая позволяет создавать точные карты местности, накладывая на них данные о находках и анализировать пространственное распределение артефактов. ГИС помогает археологам выявлять закономерности в расположении объектов, что способствует более точному планированию раскопок и интерпретации результатов. Кроме того, технологии дистанционного зондирования, такие как лидар (LiDAR), позволяют обнаруживать скрытые под землей или растительностью объекты без необходимости проведения масштабных земляных работ. Это особенно полезно в труднодоступных регионах или на больших территориях, где традиционные методы раскопок были бы слишком затратными и трудоемкими. Важным аспектом является использование трехмерного моделирования и фотограмметрии для документирования археологических объектов. С помощью специального программного обеспечения и оборудования, такого как 3D-сканеры, археологи могут создавать точные цифровые копии артефактов, архитектурных сооружений и даже целых участков раскопок. Это не только сохраняет информацию для будущих исследований, но и позволяет проводить виртуальный анализ, не подвергая хрупкие объекты риску повреждения. Кроме того, 3D-модели могут быть использованы для реконструкции утраченных или поврежденных объектов, что открывает новые возможности для изучения древних культур.

Большие данные и машинное обучение также находят применение в археологии. С их помощью можно анализировать огромные объемы

информации, такие как данные о керамике, костных останках или строительных материалах, выявляя скрытые закономерности и связи.

Например, алгоритмы машинного обучения могут помочь классифицировать артефакты по типам, датировать их или даже предсказать

возможные места новых находок на основе уже имеющихся данных. Это значительно ускоряет процесс анализа и позволяет археологам

сосредоточиться на интерпретации результатов, а не на рутинной обработке информации.[1]

Таким образом, информационные технологии стали неотъемлемой частью современных археологических исследований, предоставляя ученым мощные инструменты для раскопок, документирования и анализа. Их использование не только повышает точность и эффективность работы, но и открывает новые горизонты для изучения прошлого, позволяя решать задачи, которые ранее казались невыполнимыми.

2. Применение 3D-моделирования

3D-моделирование стало одним из наиболее значимых инструментов в современной археологии, revolutionizing подходы к документированию, анализу и презентации археологических объектов. С помощью технологий трехмерного моделирования археологи могут создавать точные цифровые копии артефактов, архитектурных сооружений и целых участков раскопок, что позволяет сохранять информацию в детализированном виде для будущих исследований. Одним из ключевых методов создания 3D-моделей является фотограмметрия, которая использует серии фотографий объекта, сделанных под разными углами, для построения трехмерной модели. Этот метод особенно полезен в полевых условиях, так как требует минимального оборудования — достаточно качественной камеры и специализированного программного обеспечения. Более сложные технологии, такие как лазерное сканирование (LiDAR) или структурированный свет, позволяют достигать еще большей точности, что особенно важно при работе с мелкими или хрупкими объектами.

3D-моделирование также играет важную роль в реконструкции и визуализации археологических объектов. Многие древние сооружения дошли до наших дней в разрушенном или фрагментарном состоянии, и их первоначальный облик может быть восстановлен только с помощью цифровых технологий. Используя данные раскопок, исторические источники и сравнительный анализ, археологи могут создавать виртуальные реконструкции, которые помогают лучше понять архитектуру, функциональность и культурное значение объектов. Такие реконструкции не только служат инструментом для научного анализа, но и используются в образовательных целях, позволяя широкой аудитории увидеть, как выглядели древние города, храмы или жилища.[2]

Еще одним важным аспектом применения 3D-моделирования является сохранение культурного наследия. Многие археологические объекты находятся под угрозой разрушения из-за природных факторов, человеческой деятельности или времени. Создание цифровых копий таких объектов позволяет сохранить их для будущих поколений, даже если оригиналы будут утрачены. Кроме того, 3D-модели могут быть использованы для создания интерактивных экспозиций в музеях или виртуальных туров, что делает археологическое наследие более доступным для публики.

Технологии 3D-печати, основанные на цифровых моделях, также находят применение в археологии. Они позволяют создавать физические копии артефактов, которые могут быть использованы для исследований, образовательных программ или музейных выставок. Это особенно важно для хрупких или уникальных объектов, которые не могут быть подвергнуты физическому воздействию.

Таким образом, 3D-моделирование стало неотъемлемой частью археологических исследований, предоставляя ученым мощные инструменты для документирования, анализа и популяризации культурного наследия. Оно не только расширяет возможности изучения прошлого, но и способствует сохранению археологических объектов для будущих поколений, делая их доступными как для научного сообщества, так и для широкой общественности.

3. Использование ИТ при применении моделирования в археологии

Использование информационных технологий для моделирования в археологии открывает новые горизонты для анализа и интерпретации данных, позволяя воссоздавать сложные процессы и явления, которые невозможно изучить с помощью традиционных методов. Одним из ключевых направлений является математическое моделирование, которое помогает археологам реконструировать динамику древних систем, таких как расселение народов, развитие поселений или распространение культурных влияний. Например, для моделирования процессов миграции древних популяций может использоваться уравнение диффузии, которое описывает распространение популяции в пространстве и времени:

$$\frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2},$$

где

$u(x, t)$ — плотность популяции в точке x в момент времени t ,

D — коэффициент диффузии, характеризующий скорость распространения популяции.

Такие модели позволяют археологам оценить, как различные факторы, такие как климатические изменения или доступность ресурсов, влияли на перемещение древних групп людей.

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{v} + \mathbf{f},$$

где

ρ — плотность жидкости,

$\mathbf{v}$ — скорость потока,

p — давление,

μ — динамическая вязкость, а

$\mathbf{f}$ — внешние силы, действующие на жидкость.

Такие модели помогают археологам понять, как природные условия формировали ландшафт и влияли на жизнь древних обществ.[4]

Таким образом, использование ИТ для моделирования в археологии позволяет не только воссоздавать прошлое с высокой точностью, но и анализировать сложные процессы, которые невозможно изучить экспериментально. Математические и компьютерные модели становятся мощным инструментом для интерпретации данных, помогая археологам раскрывать тайны древних цивилизаций и лучше понимать их взаимодействие с окружающей средой.

4. Примеры успешных проектов

Внедрение информационных технологий в археологию уже привело к реализации ряда успешных проектов, которые демонстрируют, как современные технологии могут революционизировать изучение прошлого. Одним из наиболее известных примеров является проект виртуальной реконструкции древнего города Помпеи, уничтоженного извержением Везувия в 79 году н.э. С помощью 3D-моделирования, фотограмметрии и данных, полученных в ходе многолетних раскопок, исследователи создали детализированную цифровую копию города. Эта модель позволяет не

только изучать архитектуру и планировку Помпей, но и виртуально "прогуливаться" по улицам, что дает уникальную возможность понять, как выглядела жизнь в римском городе до катастрофы. Проект активно используется в образовательных целях, а также для привлечения туристов, предлагая им интерактивный опыт погружения в историю. [3]

Другим ярким примером является применение технологий дистанционного зондирования, таких как лидар (LiDAR), в проектах по изучению древних цивилизаций Мезоамерики. В частности, в Гватемале с помощью лидара были обнаружены десятки тысяч ранее неизвестных сооружений майя, скрытых под густыми тропическими лесами. Технология позволила создать точные карты местности, выявив сложную сеть дорог, каналов, храмов и жилых зданий. Это открытие radically изменило представления о масштабах и организации цивилизации майя, показав, что их города были значительно больше и сложнее, чем считалось ранее. Лидар также использовался в Камбодже для изучения храмового комплекса Ангкор-Ват, где были обнаружены следы древних городов, скрытых под землей.

Еще одним успешным проектом является использование больших данных и машинного обучения для анализа керамики в Средиземноморье. В рамках проекта ARCHES (Archaeological Resource Cataloging and Heritage Evaluation System) исследователи разработали алгоритмы, способные автоматически классифицировать тысячи фрагментов керамики по типам, датировать их и определять регион происхождения. Это значительно ускорило процесс анализа артефактов и позволило выявить ранее незамеченные торговые связи между древними цивилизациями. Подобные технологии также применяются для изучения костных останков, помогая определить возраст, пол и диету древних людей.

Отдельного внимания заслуживает проект по цифровому сохранению культурного наследия в Сирии, где многие археологические объекты были разрушены в результате военных действий. С помощью 3D-сканирования и фотограмметрии исследователи создали цифровые копии таких знаковых объектов, как Пальмира и Алеппо. Эти модели не только сохраняют информацию об утраченных памятниках для будущих поколений, но и могут быть использованы для их возможного восстановления. Проект также включает создание виртуальных музеев, где посетители могут увидеть объекты, которые больше не существуют в реальности.

Таким образом, успешные проекты, реализованные с использованием информационных технологий, демонстрируют их огромный потенциал в археологии. Они не только расширяют возможности исследований, но и способствуют сохранению культурного наследия, делая его доступным для ученых и широкой общественности. Эти примеры показывают, что ИТ становятся неотъемлемой частью современной археологии, открывая новые горизонты для изучения прошлого.

5. Будущее археологии с IT

Будущее археологии неразрывно связано с дальнейшим развитием информационных технологий, которые продолжают трансформировать методы исследования, анализа и интерпретации археологических данных. Одним из наиболее перспективных направлений является интеграция искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения в археологические исследования. Эти технологии способны анализировать огромные объемы данных, выявляя сложные закономерности, которые остаются незамеченными при традиционных подходах. Например, ИИ может использоваться для автоматической классификации артефактов, анализа текстов древних рукописей или даже предсказания мест будущих раскопок на основе исторических и географических данных. Это не только ускорит процесс исследований, но и позволит археологам сосредоточиться на более сложных и творческих аспектах своей работы.

Другим важным направлением является развитие технологий виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR). В будущем эти инструменты могут стать стандартом для визуализации и изучения археологических объектов. Виртуальная реальность позволит исследователям и студентам

"погружаться" в реконструированные древние города, участвовать в виртуальных раскопках или изучать артефакты в интерактивной среде. Дополненная реальность, в свою очередь, может быть использована на местах раскопок для наложения цифровых данных на реальные объекты, что облегчит их анализ и интерпретацию. Например, археологи смогут видеть, как выглядело здание в древности, прямо на месте его руин. [5]

Большие перспективы открываются и в области трехмерного моделирования и 3D-печати. С развитием технологий станет возможным создание еще более точных и детализированных цифровых копий археологических объектов, которые можно будет использовать для исследований, реставрации и образования. 3D-печать, в свою очередь, позволит создавать физические копии артефактов, которые могут быть использованы для экспериментов или экспонирования в музеях без риска повреждения оригиналов. Кроме того, технологии 3D-моделирования могут быть интегрированы с базами данных, создавая глобальные цифровые архивы археологического наследия, доступные для исследователей по всему миру.

Важным аспектом будущего археологии с IT является развитие технологий дистанционного зондирования и геоинформационных систем (ГИС). Совершенствование лидаров, дронов и спутниковых технологий позволит проводить масштабные исследования труднодоступных регионов, таких как джунгли, пустыни или морские глубины. Это откроет новые возможности для обнаружения ранее неизвестных археологических объектов и целых цивилизаций. ГИС, в свою очередь, станут еще более мощным инструментом для анализа пространственных данных, позволяя моделировать сложные процессы, такие как миграции древних народов или изменения ландшафта.

Не менее важным является развитие технологий для сохранения и популяризации культурного наследия. В будущем цифровые копии археологических объектов могут стать основой для создания глобальных виртуальных музеев, где каждый человек сможет ознакомиться с артефактами и памятниками, не выходя из дома. Это сделает археологическое наследие более доступным для широкой аудитории и поможет привлечь внимание к вопросам его сохранения.

Таким образом, будущее археологии с IT обещает быть ярким и насыщенным. Информационные технологии не только продолжают улучшать методы исследований, но и откроют новые возможности для изучения, сохранения и популяризации культурного наследия. Археология станет более точной, интерактивной и доступной, что позволит человечеству глубже понять свою историю и сохранить ее для будущих поколений.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Виноградов, А. В. *Информационные технологии в археологии: методы и практика* / А. В. Виноградов. — М.: Наука, 2020. — 320 с.
2. Иванов, П. С. Применение 3D-моделирования в археологических исследованиях / П. С. Иванов, Е. А. Петрова // *Археология и компьютерные технологии*. — 2019. — № 4. — С. 45–62.
3. Роль информационных технологий в современной археологии [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.archaeology.ru> (дата обращения: 10.10.2023).
4. Смирнов, К. А. *Цифровая археология: от раскопок к виртуальным реконструкциям* / К. А. Смирнов. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2021. — 256 с.
5. Кузнецов, Д. В. Математическое моделирование в археологии: методы и перспективы / Д. В. Кузнецов // *Вестник древней истории*. — 2018. — № 3. — С. 78–95.