



پیام باستان‌شناسی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۴۲۸۵

شاپا الکترونیکی: ۹۸۸۶-۲۹۸۰

دوره ۱۷، شماره ۳۲، بهار و تابستان ۱۴۰۴



از یافته تا دریافت؛ چالش‌ها و فرصت‌های باستان‌شناسی رایانشی بر اساس تجربیات فصل دوم بررسی‌های باستان‌شناسی مریوان

سامران آسیابانی^۱، نعمت حریری^۲، محمد معصومیان^۳، مژگان سیف‌پناهی^۴، فاتح زارع‌فر^۵

۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه بوعلی سینا. نویسنده مسئول: Samranegon@gmail.com

۲ پژوهشگر پسادکتری باستان‌زمین‌شناسی، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران.

۳ دانش‌آموخته دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه تهران.

۴ کارشناس باستان‌شناسی، اداره کل میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی استان کردستان.

۵ دانشجوی دکتری باستان‌شناسی پیش از تاریخ، دانشگاه تهران.

چکیده

اطلاعات مقاله:

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۱

واژگان کلیدی:

بررسی باستان‌شناسی

مدیریت داده

سنجش‌ازدور

زاگرس

باستان‌شناسی به دلیل نوپایی و ماهیت چندرشته‌ای خود، زمینه‌ای مناسب برای بهره‌گیری از علوم دیگر، به‌ویژه علم داده، فراهم آورده است. تمایل گسترده به استفاده از مفاهیم و تکنیک‌های داده‌محور در شاخه‌های مختلف باستان‌شناسی، ناشی از دستاوردهای چشمگیر این رویکرد در حل مسائل پیچیده گذشته است. با این حال، اجرای مؤثر این رویکرد مستلزم پیش‌بینی‌های دقیق در مراحل میدانی پروژه‌هاست. ویژگی‌های منحصر به فرد هر محوطه، محدودیت زمان، و غیرقابل تکرار بودن فعالیت‌های میدانی، چالش‌هایی جدی ایجاد کرده‌اند؛ از جمله تولید داده‌های ناقص، غیرقابل پردازش یا دارای خطا. این مشکلات اغلب در مراحل بعدی مطالعاتی آشکار می‌شوند، حال آن‌که منشأ آن‌ها به تفاوت در درک «داده» بازمی‌گردد. در حالت ایده‌آل، باستان‌شناس باید بتواند تمامی اطلاعات مربوط به یک یافته را ثبت کند؛ اما از آنجا که داده‌های قابل استخراج از هر ابژه بی‌نهایت است و زمان پروژه‌ها محدود، ناگزیر بخش عمده‌ای از داده‌ها نادیده گرفته می‌شود. مقاله حاضر که حاصل بررسی‌های فصل دوم پروژه باستان‌شناسی مریوان است، با تمرکز بر این چالش‌ها، آن‌ها را به ترتیب زمانی تحلیل کرده و راه‌حل‌های فنی برای کاهش پیامدهای منفی آن‌ها پیشنهاد می‌کند.

* استناد: آسیابانی، سامران، حریری، نعمت، معصومیان، محمد، سیف‌پناهی، مژگان، زارع‌فر، فاتح (۱۴۰۴). از یافته تا دریافت؛ چالش‌ها و فرصت‌های باستان‌شناسی رایانشی بر اساس تجربیات فصل دوم بررسی‌های باستان‌شناسی مریوان. *پیام باستان‌شناسی*، ۱۷(۳۲)، ۱۲۱-۱۳۱.

<https://doi.org/10.71794/peb.2025.1208714>

مقدمه

پژوهش‌گران در حالت کلی داده‌ها^۱ (شواهد) را جمع‌آوری می‌کنند، آزمایش‌ها را انجام می‌دهند، فرضیه‌ای را فرموله می‌کنند (گزاره‌ای برای توضیح داده‌ها)، فرضیه را در برابر داده‌های بیشتر آزمایش می‌کنند، و سپس در نتیجه یک مدل ابداع می‌کنند (توضیحی که به نظر می‌رسد بهترین برای خلاصه کردن الگوی مشاهده‌شده در داده‌ها باشد). باستان‌شناسی هم به مثابه یک علم سنجه‌پذیر (حریری و همکاران، ۱۴۰۰) شامل جمع‌آوری داده، انجام آزمایش‌ها و فرمول‌بندی فرضیه‌ها است. با این حال، برخلاف تاریخ مکتوب، مطالبی که باستان‌شناسان پیدا می‌کنند مستقیماً به ما نمی‌گویند که چه فکر کنیم. باستان‌شناسان به‌عنوان مفسر باید این اکتشافات را برای ساختن تصویری از گذشته معنا کنند؛ از این حیث، عمل باستان‌شناس مانند دانشمند است. باستان‌شناس باید تصویری از گذشته ایجاد کند، همان‌طور که دانشمند باید دیدی منسجم از جهان طبیعی ایجاد کند (Renfrew, 2012: 13). در این توصیف نقش داده به‌عنوان نقطه آغاز کار باستان‌شناس از لحاظ کمیت و کیفیت با دهه‌های اخیر تفاوت دارد؛ داده دیجیتال امروزه به‌وسیله تجهیزات و منابع مختلف و در اشکال مختلف به‌دست می‌آید (Heilen & Manney, 2023: 2) و از لحاظ ماهوی با ثبت مشاهدات برای به‌خاطر آوردن آن در آینده متفاوت است (Rivers Cofield et al., 2024).

چالش‌های مرتبط با درک و استفاده از داده‌های دیجیتال به اندازه زمینه‌های دیگر مطالعات باستان‌شناسی، مطالعاتی درخور توجه هستند. به همین دلیل، مدیریت داده نمی‌تواند به‌عنوان یک مسئله ساده یا فنی در نظر گرفته شود (Kansa & Kansa, 2021a). اگر به نتایج پژوهش‌های دهه اخیر نگاهی بیندازیم، کمتر پیش می‌آید پژوهشی بیابیم که از تکنیک‌های علم داده^۲ در مستندنگاری یا نتیجه‌گیری استفاده نکرده باشد. همین امر از اقبال و کارایی این روش‌ها در میان متخصصان این رشته حکایت

دارد و از طرفی متذکر این است که در این دوره خاص اکثر نتایج مورد پذیرش نتایجی هستند که برآمده از داده بوده یا توسط میزان قابل‌توجهی از داده پشتیبانی شوند^۳. با پذیرش این دیدگاه روش کار باستان‌شناسان از ابتدای تصمیم‌گیری برای شروع پروژه تغییر خواهد کرد؛ از این دسته تغییرات مهم تمایل به گردآوری داده وسیع‌تر و متنوع‌تر و همچنین مستندنگاری به نحوی است که با زبان ماشین نیز قابل خوانش باشد تا بتوان الگوهای پنهان در داده را با استفاده از آن آشکار کرد. بدین‌ترتیب و برخلاف گذشته که هدف غایی آرشیو داده، اشتراک فهم مابین انسان‌ها بود، پیچیدگی داده در عصر جدید و حجم روزافزون آن لزوم مشارکت کامپیوترها در فرایند تصمیم‌گیری و به واسطه آن آرشیو داده به زبانی قابل‌بازخوانی توسط انسان و ماشین بیش از پیش شده است.

دستیابی به این هدف نه از لحاظ تکنیکی بلکه از لحاظ راهبردی پیچیده‌تر و نیازمند دقت بیشتری است، چراکه با پیشرفت‌های نرم‌افزاری اخیر و رابط‌های کاربری موفق که در تمام نرم‌افزارهای روزمره می‌بینیم وارد و خارج کردن داده راحت‌تر از هر زمان در گذشته است ولی کانال‌بندی داده^۴ به نحوی که اجزا در انتها به یک کل معنی‌دار و قابل‌بررسی تبدیل شوند از هر پروژه میدانی تا پروژه دیگر بسته به امکانات و انتظارات متغیر است.

در اکثر پروژه‌های باستان‌شناسی، داده گردآوری شده مناسب روش‌های تحلیلی معاصر نبوده و بخش زیادی از داده‌های باستان‌شناسی مداخله‌گر را می‌توان برای همیشه از دست‌رفته دانست. در بهترین حالت داده‌های به‌دست آمده بعضی فعالیت‌های میدانی، غیرمتجانس و داری بافت گسیخته هستند (Bollwerk et al., 2024). امروزه بیش از هر زمان دیگری، باستان‌شناسان باید از روش‌های مدیریت

³ Inductive e.g. grounded theory research

⁴ Data pipeline: a systematic and automated process for the efficient and reliable movement, transformation, and management of data from one point to another within a computing environment.

^۱ در این تحقیق داده به‌عنوان هر چیز قابل‌سنجش و سازنده مبنای استدلال و اولین گام برای دسترسی به اطلاعات بکار می‌رود.

² Data Science

و مشاهدات محیطی را دربر می‌گیرد. مدیریت داده به شکلی درخور برای ثبت و نگهداری این داده، اطمینان از قابل بازخوانی بودن داده و گرفتن نتیجه نهایی از مجموعه داده‌هایی که در زمان‌های مختلف و توسط افراد مختلف ثبت شده است از چالش‌های باستان‌شناسان در رابطه با مدیریت داده است (شکل ۱- A).

رویکردهای اولیه در مستندنگاری باستان‌شناسی محدود به تهیه دست‌نوشته‌های میدانی، طرح‌واره و عکس بوده است. این مستندات فیزیکی غالباً فاقد یکپارچگی بودند و جسته‌وگریخته انجام می‌شدند. استفاده این نوع از ثبت و ضبط اطلاعات امروزه نیز در کنار روش‌های پیشرفته‌تر قابل مشاهده است (شکل ۱- B). با روآوردن باستان‌شناسان به سیستم‌های کاغذی که شامل فرم‌های استاندارد شده از جزئیات کاوش، توصیف یافته‌ها و اطلاعات کانتکست می‌شد پایه و اساس آرشیو و روش مطالعه آرشیوی بر پایه این سیستم پایه‌گذاری شد. اگرچه سیستم کاغذی تا حدودی منجر به سازمان‌دهی می‌شد ولی همچنان در معرض خطا بود.

با انقلاب دیجیتال و ابداع کامپیوترها تکنولوژی دیجیتال مدیریت داده متحول شد و عصری طلایی برای باستان‌شناسی آغاز شد (Richards et al., 2021: 1). پژوهش‌گران می‌توانستند محوطه‌های باستانی را با دقت بالایی نقشه‌نگاری کنند و یافته‌ها و ویژگی‌های آن را ثبت کنند، صفحات اکسل ایجاد کنند و با استفاده از جداول داده‌ها را به راحتی سازمان‌دهی کنند. در این دوره سیستم اطلاعات جغرافیایی مدیریت داده‌های مکانی را متحول کرد. این تحولات با چالش‌ها و فرصت‌هایی همراه بود که یکی از چالش‌ها حجم بالای داده‌های گردآوری شده بود.

امروزه شاهد پیشرفت‌های سریع‌تری در تکنیک‌های برداشت، مدیریت و همچنین آنالیز داده هستیم. از این دسته می‌توان به فراگیر شدن تکنیک فتوگرامتری و اسکن لیزری اشاره کرد که تهیه مدل‌های سه‌بعدی دیجیتال را از محوطه‌ها و مصنوعات تسهیل کرده است. پرنده‌های بدون

داده^۵ و اینکه چگونه این شیوه‌ها بر پژوهش تأثیر می‌گذارند، آگاه باشند (Heilen & Manney, 2023: 2). در همین راستا و به عنوان قدم اول این مقاله سعی دارد با اشتراک چالش‌ها و راه‌حل‌های مرتبط از دریچه تجربیات فصل دوم بررسی‌های باستان‌شناسی مریوان (معصومیان و حریری، ۱۴۰۲) به گفتمانی در این زمینه دامن زند. ضرورت انجام این کار در مقاومت سنت باستان‌شناسی ایران در برابر تغییر و از طرفی روش‌های به سرعت در حال به‌روزرسانی و تحول است؛ این مسئله زمانی بغرنج خواهد شد که باستان‌شناسان در اوایل فعالیت میدانی خود بارها به این نتیجه تلخ برسند که داده گردآوری شده سودمندی لازم را نداشته و از استانداردهای لازم برای استفاده در یک پژوهش معتبر برخوردار نیست. برای توضیح راه‌حل‌های استفاده‌شده تصمیم گرفته شد از مرحله برنامه‌ریزی برای بررسی باستان‌شناسی مریوان شروع کرده و سیر فعالیت‌ها به ترتیب زمانی ارائه شود. در این مسیر فعالیت‌های مختلف در یک فلوچارت تکمیل شده به عنوان پیشنهادی برای مدیریت داده در پروژه‌های مشابه ارائه شده است و به عنوان مکمل، لینک ابزارهایی که توسط نگارندگان طراحی شده است نیز در پانویس قسمت مربوطه برای استفاده خوانندگان قرار داده شده است.

پیشینه پژوهش

اکتساب داده در عمل باستان‌شناسی همواره اهمیت زیادی داشته است، به خصوص در چند دهه گذشته با رواج دیجیتالی شدن ثبت یافته، چشم‌انداز کار میدانی باستان‌شناسی به طور قابل توجهی متحول شده است و این امر بر روش‌شناسی و تفسیر باستان‌شناسان نیز تأثیر گذاشته است (Heilen & Manney, 2023; Richards et al., 2021). بررسی‌های باستان‌شناسی مجموعه‌ای غنی از داده تولید می‌کند که از توصیف یافته‌ها تا اطلاعات مکانی

^۵ روش‌های مدیریت داده‌ها برای اشاره به مفهومی به کار رفت که در فارسی معادل مشخصی ندارد "Data Practices"، این مفهوم طیف وسیعی از روش‌ها، روندها و استراتژی‌های ضروری برای مدیریت مؤثر، تحلیل و بکارگیری داده را دربر می‌گیرد.

در دهه اخیر گذار از صفحات گسترده (مانند صفحات گسترده نرم‌افزار اکسل) به سیستم‌های تحت SQL^۷ مانند RDBMS^۸ رسیدگی به داده ساختارمند، بازخوانی داده و استفاده از طیف وسیعی از داده را در نرم‌افزارهای مختلف با سرعت بیشتر ممکن کرده است. باوجود اینکه زمینه‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری این فناوری سال‌ها قبل وجود داشت ولی تنها در پروژه‌هایی که لازم بود حجم سرسام‌آور داده را پردازش کنند از این سیستم‌ها بهره می‌گرفتند (Joseph et al., 2004).

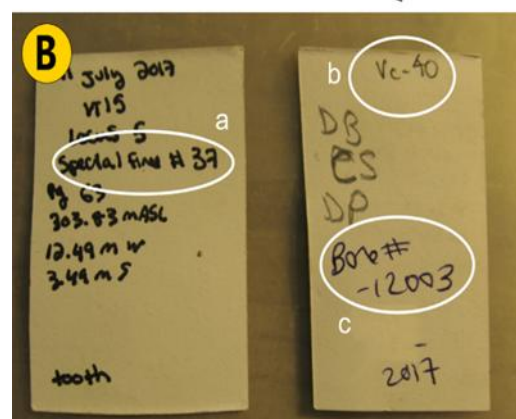
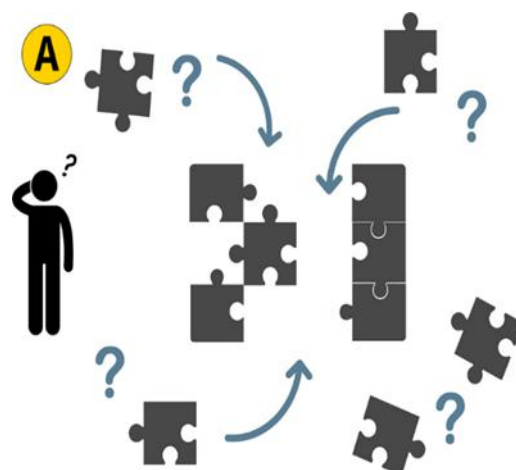
فصل دوم بررسی‌های باستان‌شناختی مریوان آماده‌سازی و برنامه‌ریزی

در فاز صفر پروژه اهداف سرپرستان پروژه شامل مدیریت روزانه اطلاعات جغرافیایی، شناسایی محدوده تحت بررسی از طریق تصاویر ماهواره‌ای تاریخی، تعیین محوطه‌هایی که در آن‌ها قابل مشاهده هستند، بازبینی فرم‌های گزارش میدانی و دیتابیس آنلاین مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله مشخص شد که برای ارائه اطلاعات نهایی روزانه، نیاز است که داده‌های پیش‌نیاز بررسی از قبل پردازش شوند. این داده‌ها به‌طور کلی شامل دو دسته می‌شود: اطلاعات رستر و اطلاعات وکتور.

الف) اطلاعات رستر

تصاویر ماهواره‌ای جدید که از دو منبع مختلف دریافت شدند (تصاویر ماهواره‌های گوگل و بینگ) با نهایت کیفیت موجود با استفاده از نرم‌افزار SASplanet^۹ تهیه شدند. دلیل استفاده از دو منبع این نکته است که با وجود رزولوشن مکانی بالا، این تصاویر از رزولوشن زمانی پایینی برخوردارند بدان معنا که از زمان ثبت تصویر یک محدوده توسط ماهواره تا زمان بازگشت ماهواره برای برداشت قسمت هم‌جوار زمان زیادی طی می‌شود. نتیجه این رزولوشن

سرنشین^۶ از جمله پهنپایها که می‌توانند به انواع دوربین‌ها و سنسورها مجهز شوند از دسته مؤثرترین فناوری‌هایی هستند که به باستان‌شناسی معاصر کمک می‌کند.



شکل ۱: A) برای دستیابی به یک پایگاه داده منسجم چالش‌های زیادی در طول مسیر ثبت یا مدیریت داده وجود دارد. B) شناسه‌های متعددی را می‌توان به یک مصنوع، اکوفکت یا نمونه توسط محققان مختلف که در زمان‌های مختلف کار می‌کنند اختصاص داد. این شکل سه شناسه مختلف را نشان می‌دهد که به یک شیء یافت شده در کاوش اختصاص داده شده است: (الف) شناسه‌ای که به یافته در میدان اختصاص داده شده و در دفترچه یادداشت ثبت شده است. (ب) شناسه دیگری که در آزمایشگاه حفاظت تعیین شده و در دفترچه حفاظت ثبت شده است و (ج) که توسط متخصص، شاید سال‌ها بعد، اختصاص داده شده و وارد پایگاه داده تخصصی شده است (Kansa & Kansa, 2021b).

^۷ Structured Query Language (زبان پرس‌وجوی ساختاریافته)

^۸ Relational Database Management System

(سیستم مدیریت پایگاه داده رابطه‌ای)

^۹ SAS.Planet.Nightly.231008.10404

^۶ Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

مجموع داده‌های رستری به حجمی ۲۵۰ گیگابایتی نزدیک شده بودند^{۱۱} که با تکنیک‌هایی از قبیل Raster Pyramids و Raster Tiling مدیریت می‌شد؛ این در حالی است که اطلاعات وکتوری با حجم بسیار پایین می‌توانند توان پردازش زیادی بگیرند و متعاقب آن زمان بیشتری برای بازخوانی و کار با آن صرف شود. تصمیم بر این شد که از ژئوپکیج‌ها^{۱۲} که از نوع پایگاه‌های داده تحت SQLite هستند برای این منظور استفاده شود. با این راه‌حل تمام مزایای این دیتابیس در انواع پلتفرم‌هایی که در این پروژه استفاده می‌شدند قابل دسترسی گشته و از آن مهم‌تر بینش عمیقی از فضای بررسی و روابط محوطه‌های مکشوفه با پیرامون به‌دست می‌آمد. باوجود این پتانسیل، تبدیل این دو نوع داده که تفاوت‌های عمیقی باهم داشتند خالی از پیچیدگی‌های تکنیکی نبود، برای دستیابی به این مقصود دو راه‌حل به آزمایش گذاشته شد که یکی استفاده از نرم‌افزار FME^{۱۳} و دوم استفاده از ماژول OGR در کتابخانه نرم‌افزاری GDAL در محیط پایتون بود. از این دو تکنیک راه‌حل دوم به دلیل کیفیت دیتابیس به‌دست آمده استفاده شد.

تا این مرحله پیش‌بینی‌های لازم برای راه‌اندازی سیستمی کارآمد برای اطلاعات بررسی انجام گرفته است؛ اما این سیستم در پایگاه مستقر بود و سرپرستان تیم بر این عقیده بودند که این سیستم با افزونه‌ها و دسترسی‌های یک‌طرفه به تمام اعضای تیم در بررسی میدانی گسترش یابد. تحقق ایده از این لحاظ سودمند بود که اگر هرکدام از بررسی‌کنندگان به این اطلاعات جغرافیایی تحت یک رابط کاربری بصری پویا دسترسی می‌داشتند و می‌توانستند محدوده محوطه‌های مکشوفه، بخش‌هایی که از آن نمونه‌برداری انجام‌شده و همچنین اطلاعات کمی و کیفی را ثبت کنند. این سیستم ایزوله می‌توانست به یک اکوسیستم گردآوری داده تبدیل شود. از همان ابتدا

زمانی پایین در تصاویر به این شکل قابل مشاهده است که در قسمتی از تصویر، تغییر فصل و زاویه خورشید باعث می‌شود که تغییر رنگ یا تغییر پوشش گیاهی دیده شود. استفاده از دو منبع این مشکل را به این نحو حل کرد که در محوطه‌هایی که تصویر پس‌زمینه ماهواره گوگل در دو زمان متفاوت گرفته شده بود، تصاویر پس‌زمینه ماهواره بینگ استفاده شد. با تهیه تصاویر HEXAGON از درگاه سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا این امکان به‌دست آمد که منظر تاریخی شهرستان در نیم قرن پیش بازسازی شود که تصویری از تمام منطقه بدون توسعه شهری و مداخلات انسانی اخیر ارائه داد که با بررسی روزانه این تصاویر محوطه‌های احتمالی شناسایی و برای بررسی میدانی پیشنهاد می‌شدند. مدل ارتفاعی رقومی از پروژه ALOS^{۱۰} PALSAR این امکان را فراهم کرد که از ریخت‌شناسی منطقه دید جامعی به‌دست آید و پایه اکثر تحلیل‌ها و اتوماسیون گردآوری داده را فراهم کند.

ب) اطلاعات وکتور

با این‌که اطلاعات رستر بیشتر جنبه‌های محیط که در بررسی لازم بود را آشکار می‌کرد، چالش صرفه‌جویی در زمان، ثبت دقیق عناصر طبیعی و دست‌ساز ازجمله رودخانه‌ها، روستاها، جاده‌ها، چشمه‌ها، قله‌ها و پهنه‌بندی کاربری اراضی پابرجا بود. در این مرحله تصمیم گرفته شد دیتابیس OSM برای رفع این چالش مورد استفاده قرار گیرد. نظر به استفاده از ArcGIS Pro برای انجام کارتوگرافی و آنالیز فضایی نیاز بود که اطلاعات تهیه شده از فرمت رایج (MBTiles*) به فرمتی درآید که بتوان هم از اطلاعات فضایی و هم از اطلاعات توصیفی موجود در دیتابیس به نحو احسن بهره‌برداری شود در کنار اینکه حجم فوق‌العاده زیاد این دیتابیس که سرتاسر دو کشور ایران و عراق را پوشش می‌داد به نحوی ذخیره‌سازی شود که با سخت‌افزار موجود قابل استفاده باشد چراکه تا این مرحله

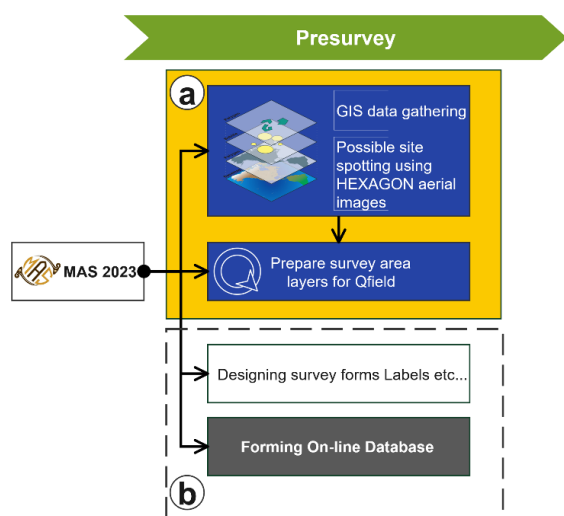
^{۱۱} حجم داده تمام شهرستان مریوان را دربر گرفته است تا در فصول آتی نیازی به تکرار مراحل نباشد.

^{۱۲} GeoPackage

^{۱۳} A known as Feature Manipulation Engine

^{۱۰} ALOS Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar

ترسیم محدوده‌های نمونه‌برداری، گستردگی محوطه و عناصر مشابه (ذخیره و با فیلدهای استاندارد شده برای تایپ توضیحات در محل مشاهده تکمیل می‌شد. لازم به ذکر است به دلیل تازگی سیستم و نگرانی بابت از دست رفتن اطلاعات، فرم‌های گزارش کاغذی همچنان استفاده می‌شد (شکل ۲ - b) ولی اکثر بخش‌های برگه گزارش حذف شد و در اپلیکیشن یا در لابرانوار با دقت و سرعت بیشتری ثبت و ضبط می‌شد.



شکل ۲: A) تهیه و آماده‌سازی اطلاعات مکانی و طراحی پلتفرم برای استفاده در پیمایش، B) تهیه و به‌روزرسانی فرم‌ها و پایگاه داده برخط.

پیمایش

در پیمایش‌های روزانه یک روند منظم با شناسایی محوطه آغاز می‌شد که شامل برداشت بقایای مادی از تمام یا بخشی از محوطه و ترسیم محدوده نمونه‌برداری و محدوده محوطه در اپلیکیشن Qfield و پر کردن فرم گزارش و در آخر تهیه تصاویر و مستندات از محوطه بود. برای تعدادی از محوطه‌های شاخص یا دارای عناصر معماری برجای تصاویر هوایی و تصاویر لازم برای بازسازی سه‌بعدی محوطه توسط یک پهباد نیز ثبت شد.

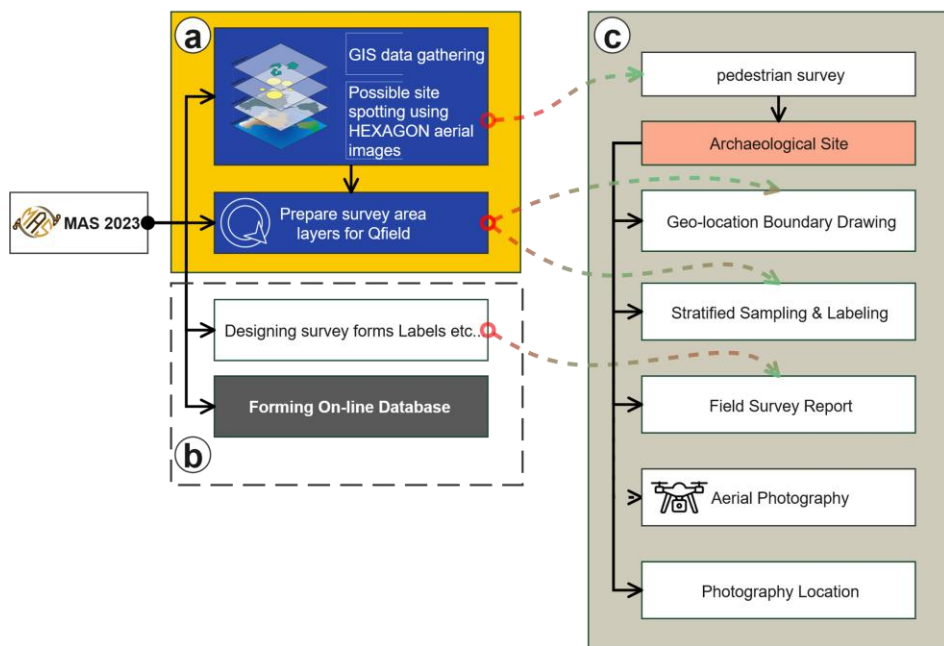
مشخص بود که استفاده از لپ‌تاپ در هنگام پیمایش دست‌وپا گیر است، همچنین به دلیل شرایط خاص مرزی موجب بروز حساسیت خواهد شد. نزدیک‌ترین راه حل گوشی‌های موبایل بود که دارای سنسورهای مکانی مناسب بودند و در حین پیمایش به راحتی قابل حمل و استفاده بود؛ به همین دلیل اپلیکیشن‌های تحت سیستم عامل اندروید مورد بررسی قرار گرفتند. در نتیجه تحقیق و آزمایش گزینه‌های متفاوت اپلیکیشن Qfield به عنوان گزینه مطلوب انتخاب شد (شکل ۲ - a). دلایل این انتخاب به شرح زیر است.

قابلیت تعامل در یک فضای ابری

با خرید اشتراک از شرکت سازنده این امکان فراهم می‌شد که به محض ثبت یک محوطه توسط تیم پیمایش، مسئول مدیریت داده مستقر در لابرانوار اطلاعات را رصد و نقشه‌های لازم را تهیه کند. این قابلیت در صورتی که تیم بررسی به دو یا سه بخش برای بررسی در مناطق مختلف تقسیم می‌شد این امکان را فراهم می‌کرد که تیم‌های پیمایش مختلف از شماره‌بندی محوطه‌ها آگاه شده و به این ترتیب از شماره‌گذاری تکراری برای محوطه‌ها جلوگیری شود.

مدیریت کامل

مسئول امور داده می‌توانست تمام نقشه‌ها و محوطه‌های پیش‌بینی شده و احتمالی که از بررسی تصاویر هگزاگون در روز قبل به دست آمده بود را وارد اپلیکیشن کرده و در روز پیمایش، تیم بررسی این پیش‌بینی‌ها را راستی‌آزمایی کند. همچنین تمام فیلدهای برگه گزارش در نرم‌افزار تعبیه می‌شد، تصاویر ماهواره‌ای به‌روز و با کیفیت بالا در فایل پروژه طراحی شده برای این پروژه موجود بوده و اطلاعات وارد شده از طرف تیم در لایه‌های مختلف شامل نقاط (برای یافته‌های شاخص، چشمه‌ها و عناصر نقطه‌ای) خطوط (برای عناصر خطی نظیر دیوارها) و چندضلعی‌ها (برای



شکل ۳: (c) فعالیت‌های انجام گرفته در پیمایش و ارتباط داده دریافت شده از مرحله قبل.

مرحله کارگاهی

دیتابیس را تأمین کند. این اطلاعات شامل نقشه‌های موردنیاز برای هر محوطه کشف‌شده است که روزانه تهیه و تحویل می‌شد و به بخش گزارش‌نویسی (شکل ۴-۴) تحویل داده می‌شد. البته در انتهای پروژه و با تغییر لایه‌های جی‌آی‌اس و اضافه شدن منابعی جدید لازم شد که تمام نقشه‌ها دوباره خروجی گرفته شود، این تعداد با نقشه‌های فصل قبل تعدادی بالغ بر ۶۰۰ نقشه را تشکیل می‌داد که به شیوه دستی تهیه خروجی از آن بسیار زمان‌بر بود. پیش‌بینی‌هایی که در ابتدای پروژه برای نام‌گذاری فایل‌های مختلف صورت گرفته بود این امکان را داد که نقشه‌ها به ترتیب مشخصاتی مانند نام پروژه، سال انجام پروژه، شماره محوطه، نوع نقشه و موضوع آن قابل بازخوانی باشد. این تمهیدات باعث شد که گرفتن خروجی‌های جدید به صورت اتوماتیک و با استفاده از کتابخانه Arcpy انجام شود.^{۱۴} از دیگر اطلاعات قیدشده در گزارش بررسی، اطلاعات مکانی شامل جدول مختصات گوشه‌های محوطه کشف‌شده است که از شیب‌فایل به‌دست‌آمده از Qfield

در این بخش (Field Lab) همان‌گونه که در نمودار پیداست داده^{۱۴} و یافته‌های^{۱۵} به‌دست آمده از پیمایش روز کاری بین بخش‌های مختلف تقسیم می‌شود و پس از انجام سلسله فرایندهایی به اطلاعات ساختاریافته تبدیل و در مقصد پایگاه داده ذخیره می‌شود. رنگ‌های مختلف در نمودار نمایان‌گر بخش‌های مختلفی است که با داده‌های ورودی مختلف از بخش‌های دیگر وظیفه آماده‌سازی داده نهایی برای ذخیره در دیتابیس را دارند که به‌طور خلاصه به سازوکار و نحوه عمل آن پرداخته می‌شود.

بخش d (شکل ۴-۴) وظیفه پردازش اطلاعات جغرافیایی را بر عهده دارد که با دریافت اطلاعات ثبت‌شده در اپلیکیشن Qfield، مواد فرهنگی برداشت‌شده در طی پیمایش، برگه گزارش محوطه و تصاویر پهپادی و ترکیب و ادغام آن با اطلاعاتی که از قبل به‌دست آمده بود می‌بایست اطلاعات مربوط به گزارش ارائه‌شده و پرونده هر محوطه در

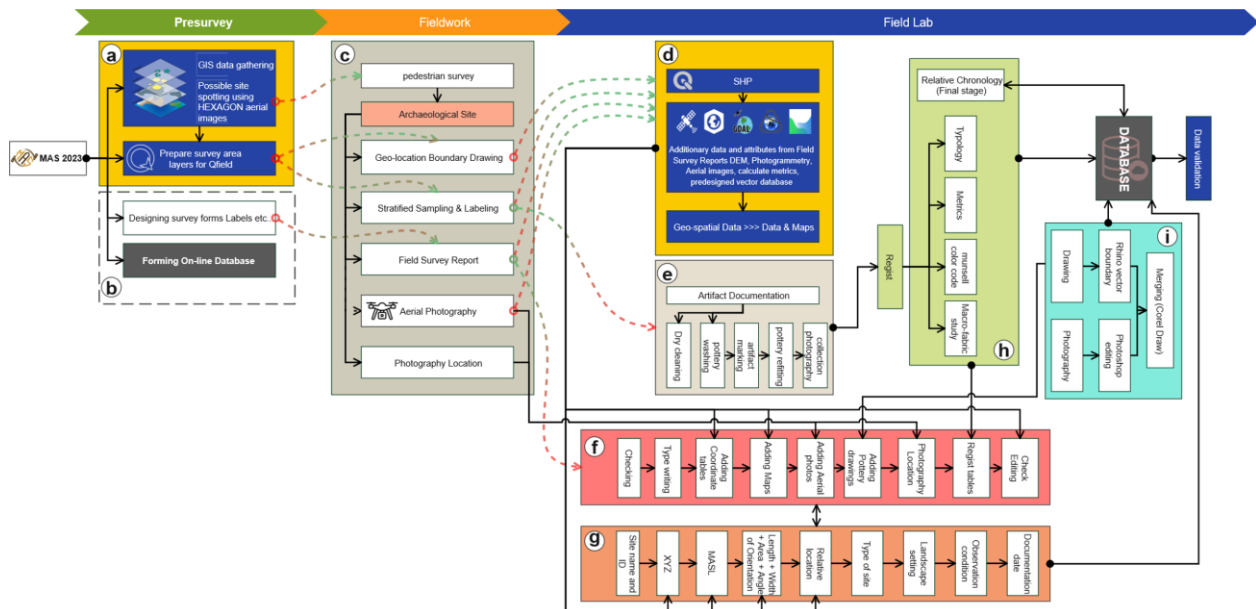
^{۱۴} شامل موقعیت مکان‌های شناسایی شده و ویژگی‌های مربوط به آن محل.

^{۱۵} عمدتاً شامل سفال که در هنگام بررسی تنها حفظ و برای استخراج داده به کارگاه منتقل می‌شد.

^{۱۶} کد پایتون برای استفاده‌های بعدی در GitHub با نام "Export all Layouts ending with" قابل دسترسی است. لینک: <https://github.com/SamranAsiabani/Arcpy.git>

فواصل و جهات اشاره‌شده نسبت به رودخانه‌ها، جاده‌ها و روستاهای اطراف تصحیح می‌شد و بدین ترتیب از صحت مطالب اطمینان حاصل شد. بعضی از اطلاعات وارد شده بین بخش گزارش و دیتابیس مشترک هستند.

محاسبه و در اختیار بخش گزارش قرار داده می‌شد. بخش دیگر از اطلاعات مکانی که به همراه توصیف‌های حین پیمایش وارد گزارش شد مربوط به مطالعه توصیف محل و تطبیق آن با اطلاعات جی‌آی‌اس بود که گاهی



شکل ۴: (d: پردازش اطلاعات مکانی؛ e: آماده‌سازی و دادن شناسه یکتا به یافته‌ها قبل از تحویل به بخش ریجست و عکاسی؛ f: بخش گزارش نویسی؛ g: وارد کردن اطلاعات مربوط به محوطه‌ها در دیتابیس؛ h: بخش ریجست سفال؛ i: بخش عکاسی و طراحی.

پس از شستشوی سفال و شماره‌دهی به سفال‌ها (شکل ۴-۵) برای اطمینان از تکراری نبودن شماره‌ها قطعاتی که قابل سرهم‌بندی بودند شناسایی شده و به هم الصاق شد. عکس مجموعه‌ای از یافته‌ها تهیه شده و یافته‌ها به بخش ریجست منتقل می‌شدند.

در بخش ریجست (شکل ۴-۵) سفال‌های تحویل گرفته شده مورد بررسی قرار می‌گرفت و ویژگی‌های ریخت‌سنجی^{۱۷} آن‌ها اندازه‌گیری و وارد دیتابیس می‌شد. در این مرحله گونه‌شناسی سفال‌ها توسط متخصصان ثبت و همچنین رنگ سفال بر اساس سیستم مانسل ثبت شدند. ویژگی‌های دیگر (از جمله رنگ مقطع، تزئینات، میزان پخت، تکنیک ساخت، دانه‌بندی خاک تشکیل‌دهنده) بعد از بررسی هر قطعه در یکی از دسته‌های از پیش تعیین شده قرار می‌گرفتند. قطعات پس از ثبت ویژگی‌ها باید آرشیو

اطلاعات مربوط به دیتابیس (شکل ۴-۵) شامل مختصات جغرافیایی مرکز محوطه‌ها، ارتفاع محوطه از سطح دریا‌های آزاد، طول و عرض و مساحت محوطه و زاویه‌ای که محوطه در جهت طول به نسبت شمال گرفته است می‌شود. فاصله نسبی از دیگر فاکتورهایی است که برای توضیح موقعیت یک محوطه بر اساس مکان یا محلی شناخته‌شده (رودخانه‌ها، روستاها، قلعه‌ها و مانند این‌ها) و با هدف توصیف نوشتاری یا گفتاری محوطه اضافه شد. در صورتی که مکانی شاخص در برگه گزارش قید نشده بود یا فاصله و جهت آن دقیق نبود با محاسبه آن در نرم‌افزار ArcGIS این اطلاعات به‌دست می‌آمد؛ لازم به ذکر است که شرط انجام این کار وجود پایگاه داده‌ای بود که تمامی مکان‌ها و عناصر محل را به‌صورت اطلاعات وکتور به همراه ویژگی‌های آن داشته باشد که در مرحله آماده‌سازی و برنامه‌ریزی به شیوه به‌دست آوردن این اطلاعات اشاره شد.

^{۱۷} مورفومتริก

که برای بازخوانی اطلاعات بیشترین اهمیت را دارند؛ نام محوطه برای گروه بررسی پیمایشی و تاریخ و شناسه یکتا برای فراخوانی محوطه در دیتابیس و لیبل‌دهی به تمام یافته‌های آن محوطه استفاده شد. نوع محوطه که سرپرستان بر اساس یافته‌های جمع‌آوری شده و مشاهدات خود ثبت می‌کردند و بستر محیطی و وضعیت محوطه به‌عنوان اطلاعاتی که نیاز به مشاهده در محل از طرف متخصصان داشت نیز در دیتابیس ثبت شد.

تهیه گزارش

با آماده شدن اطلاعات بخش‌های مختلف بخش گزارش‌نویسی وظیفه ادغام و مرتب‌سازی تمام اطلاعات را در قالب گزارش داشت. این اطلاعات مطالب قبلاً ذکر شده مانند توصیف محوطه، جدول مختصات، نقشه‌ها، تصاویر، طرح‌های تکنیکی یافته‌ها و تصاویر هوایی را دربر می‌گرفت.

مرحله نهایی بررسی صحت اطلاعات و شناسایی خطاهای احتمالی بود؛ در ابتدای فصل پیش‌بینی‌هایی برای کاهش خطای انسانی در واردکردن اطلاعات صورت گرفت که مهم‌ترین آن، تقسیم کردن اطلاعات به دو دسته قابل دسته‌بندی و غیر قابل دسته‌بندی بود. اطلاعات قابل دسته‌بندی تمام اطلاعاتی مانند گونه‌شناسی سفال و میزان حرارت‌دیدگی آن بود که در تعدادی دسته محدود می‌شد، با توجه به اینکه پیش‌بینی شده بود که تایپ این اطلاعات همراه با غلط‌های تایپی، فاصله‌های اضافه، خطا در نگارش واژه‌ها با حروف بزرگ و کوچک باشد و این امر باعث می‌شود که این اطلاعات در نرم‌افزارهای تحلیلی قابل استفاده نباشد (برای مثال: اگر یک مشخصه از نمونه با چهار شیوه مختلف نگاشته شود در هنگام استفاده به‌صورت چهار مشخصه دیده می‌شود) تصمیم گرفته شد از منوهای کرکره‌ای و چک باکس^{۲۰} در دیتابیس استفاده شود

می‌شدند که برای انجام آن نیاز بود که لیبل هر قطعه به همراه سفال قرار داده شود. از آنجا که تهیه لیبل در این حجم وسیع و به‌طور روزانه بسیار وقت‌گیر بود ضرورت تمهیدی از طرف تیم باعث شد نرم‌افزاری طراحی شود که به ازای هر یافته در فایل اکسل یک لیبل در ابعاد استاندارد طراحی کند. این نرم‌افزار با نام Labeling v1.01^{۱۸} دریافت یک فایل اکسل (*.csv) و واردکردن عنوان ستون‌هایی که لازم است در لیبل قید شوند به ازای هر ردیف یک لیبل طراحی می‌کند و در صفحاتی با ابعاد A4 کنار هم قرار می‌دهد؛ در نسخه فعلی نرم‌افزار به ازای هر صفحه، ۲۴ لیبل قرار می‌گیرد و محدودیتی برای تعداد لیبل تولیدشده وجود ندارد. پس از پرینت فایل PDF به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Labeling این امکان فراهم شد که زمان صرف شده برای این کار صرف امور دیگر شده و نگرانی از خطای انسانی ناشی از واردکردن دستی اطلاعات برای لیبل‌ها رفع شود.

عکاسی و طراحی تکنیکال: پس از عکاسی قطعات سفالی، ادیت تصاویر در فتوشاپ انجام گرفت. ترسیم مقطع قطعات در نرم‌افزار راینو انجام شد، ترسیم انجام‌گرفته و شناسه سفال و عکس قطعه در یک فایل نهایی و در نرم‌افزار کورل‌دراو ترکیب شده و فایل طراحی نهایی وارد دیتابیس شد.

ورود اطلاعات به دیتابیس: اطلاعاتی از قبیل مختصات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریاهای آزاد، طول، عرض، مساحت، زاویه جهت‌گیری محوطه نسبت به شمال و توصیف موقعیت مکانی محوطه بر اساس مکان‌های هم‌جوار که از قبل آماده شده بود وارد دیتابیس شد، تعدادی از این ویژگی‌ها^{۱۹} بر اساس تمهیدات قبلی بصورت خودکار در نرم‌افزار Qfield محاسبه شده و با دقت کامل ثبت شد. شناسه محوطه، نام و تاریخ کشف که در حین پیمایش و با کشف محوطه به آن داده می‌شد شامل ویژگی‌هایی هستند

^{۱۸} این نرم‌افزار به‌طور رایگان برای دانلود در دسترس قرار می‌گیرد:

<https://sourceforge.net/projects/labeling>

^{۱۹} اطلاعاتی از قبیل مختصات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریاهای آزاد، طول، عرض، تاریخ کشف و مساحت.

^{۲۰} در هنگام طراحی چک باکس‌ها متوجه شدیم که به سلول خود در نرم‌افزار اکسل نمی‌چسبد و بعد از کوچک‌ترین تغییرات بهم می‌ریزد. برای رفع این مشکل کد ویژوال بیسیک موجود در لینک زیر نوشته شد:

شانس را می‌دهد که ایده‌ها و روش‌های مختلف که در یک پروژه مؤثر بوده‌اند بدون مسیر طولانی آزمون و خطا و زمان لازم برای توسعه در اختیار همکاران قرار گیرد و با پیشنهاد و نقدهای سازنده ایشان کامل‌تر شود.

با پیشرفت‌های اخیر در زمینه هوش مصنوعی مولد و یادگیری عمیق انتظار می‌رود که شاهد تحولات روش‌شناسی بیش‌تری در باستان‌شناسی باشیم. شاید این سرآغازی عملی برای گذار از یافته‌محوری به دیدگاهی کل-نگر به باستان‌شناسی باشد که دریافت را به‌عنوان ارزش نهایی بیش‌ازپیش مطرح کند. آنچه به‌طور قطع می‌دانیم این است که در هیچ مقطعی تا این اندازه امکانات لازم برای شکوفا کردن پتانسیل داده برای پاسخ پرسش‌های باستان‌شناسی و مهم‌تر از آن کشف الگوهای پرسش برانگیز در داده فراهم نبوده است.

سپاس‌گزاری

بر خود واجب می‌دانیم از دکتر مصطفی ده‌پهلوان و سرکار خانم دکتر لیلا خسروی رؤسای محترم پژوهشگاه میراث فرهنگی و پژوهشکده باستان‌شناسی بابت صدور مجوز برنامه فصل دوم قدردانی نماییم. از آقایان یعقوب گویلیان و منصور مهرزاد رؤسای محترم پیشین و فعلی اداره کل میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع‌دستی استان کردستان بابت پشتیبانی‌ها و حمایت‌هایشان سپاسگزاریم. از سایر همکاران اداره کل میراث فرهنگی استان خانم گلان فرزانی و آقایان فریاد حدادیان، اقبال عزیزی، پیام مجیدی، علی بهنیا، زاهد کریمی و فاروق زینتی برای پیگیری‌ها و مکاتبات اداری تشکر بسیار داریم. بخشی از این پژوهش و پروژه با حمایت‌های مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) طرح پسادکتری شماره ۴۰۱۵۲۸۶، دانشگاه تهران، اداره کل میراث فرهنگی صنایع دستی و گردشگری استان کردستان، فرمانداری مریوان و دانشگاه تهران تأمین شده است. جا دارد به‌طور ویژه از همکاران پروژه خانم‌ها زهرا خلیلی، الهام فتوحی، زینب هادی دستجردی، فائزه برزگر، معصومه خسروی، روزین مظهری و آقایان حمزه محمدپور، عمار

که باعث شد این مشکل به‌کلی رفع شود. اما مشکل اصلی یا همان اطلاعات غیرقابل دسته‌بندی پابرجا ماند، چراکه مشخصه‌هایی مانند اندازه‌ها و کد مانسل قابل دسته‌بندی به تعدادی که در منوی کرکره‌ای از میان آن‌ها انتخاب کرد نبودند، به همین دلیل در انتهای پروژه پیدا کردن و رفع این خطاها ضروری بود. برای رفع این مشکل از نرم‌افزار OpenRefine استفاده شد که نرم‌افزاری برای پیش‌پردازش و پاک‌سازی داده است، تکنیک‌های علم داده مانند Outlier Detection^{۲۱} و N-gram^{۲۲} این امکان را داد که خطاها شناسایی شده و مشخصه‌هایی که نیاز به بازبینی دوباره یافته برای اندازه‌گیری دوباره بود در محل اصلاح شوند.

نتیجه‌گیری

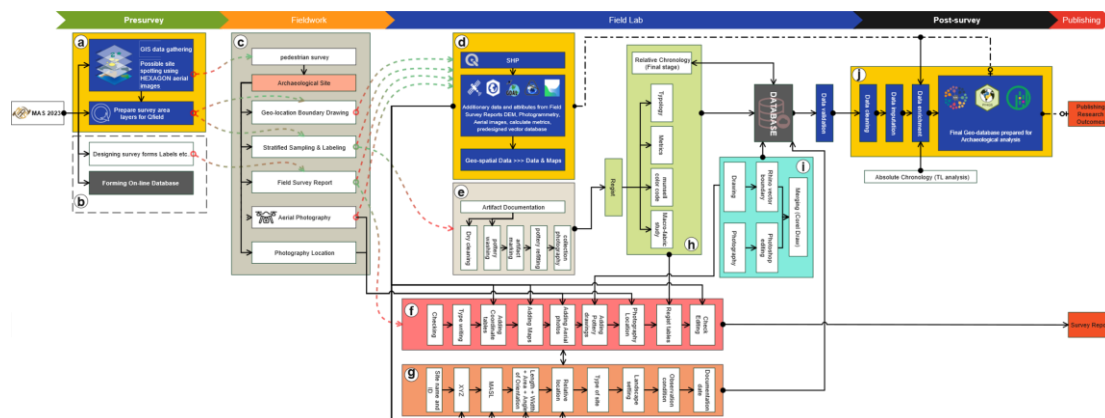
مطالبی که بیان شد مروری گذرا بر فصل دوم از سلسله بررسی‌های باستان‌شناسی مریوان از دریچه باستان‌شناسی رایانشی بود که بر چالش‌های رفع شده و شیوه آن تمرکز داشت. در انتهای نمودار بخش پسابررسی مربوط به نتایج و آنالیزهای انجام‌شده و قابل انجام برای کشف الگوهای معنادار در اطلاعات است که خارج از بحث این مقاله است. بدون شک در فصول آتی بسیاری از راه‌حل‌های استفاده‌شده به‌عنوان پیش‌فرض در خواهند آمد و ماجراجویی برای یافتن راهی برای انجام سریع‌تر، بهتر یا دقیق‌تر امور، این فلوچارت کاری را دستخوش تغییر و به‌روزرسانی خواهد کرد. در این مسیر اشتراک تجربیات این

<https://github.com/SamranAsiabani/Excel-or-Word.git>

^{۲۱} Outlier Detection: به طور عمومی، تشخیص نقاط پرت یا همان تشخیص ناهنجاری‌ها به فرآیند شناسایی نقاط داده‌ای اشاره دارد که به طور قابل توجهی از الگوی کلی مجموعه داده‌ها متمایز می‌شوند. این نقاط دارای خصوصیات متمایز و با ساختار اساسی داده‌ها تفاوت‌های قابل توجهی دارند. در واقع، نقاط پرت نسبت به نقطه داده‌ای نزدیک‌تر و سایر مقادیر هم‌جوار در یک نمودار داده یا مجموعه داده، به طور قابل توجهی بالاتر یا پایین‌تر قرار دارند.

^{۲۲} N-gram: تحلیل توالی‌های کاراکترها (n-gram) برای یافتن شباهت‌ها.

تازیک، سعید شیربندی، حسین فقی‌زاده (تصویربرداری هوایی) و محمدامین سمرودی تشکر کنیم که بدون همکاری‌های بی‌دریغ ایشان فصل دوم بررسی تکمیلی شهرستان مریوان به پایان نمی‌رسید. در نهایت از مردم بسیار مهربان، خونگرم و مهمان‌نواز مریوان صمیمانه متشکریم.



شکل ۵: فلوچارت کامل فعالیت‌های انجام گرفته در فصل دوم بررسی‌های باستان‌شناسی شهرستان مریوان.

Joseph, N., Green, D., Cosmas, J., & Itagaki, T. (2004). Replication in archaeological information systems. (No publication information available)

Kansa, E., & Kansa, S. W. (2021a). Digital data and data literacy in archaeology now and in the new decade. *Advances in Archaeological Practice*, 9(1), 81-85. <https://doi.org/10.1017/aap.2020.55>

Kansa, E., & Kansa, S. W. (2021b). Digital data and data literacy in archaeology now and in the new decade. *Advances in Archaeological Practice*, 9(1), 81-85. <https://doi.org/10.1017/aap.2020.55>

Renfrew, C., & Bahn, P. (2012). *Archaeology: Theories, methods, and practice*. (6th ed.). Thames & Hudson.

Richards, J. D., Jakobsson, U., Novák, D., Štular, B., & Wright, H. (2021). Digital archiving in archaeology: The state of the art. Introduction. *Internet Archaeology*. <https://doi.org/10.11141/ia.58.23>

Rivers Cofield, S., Childs, S. T., & Majewski, T. (2024). A survey of how archaeological repositories are managing digital associated records and data: A byte of the reality sandwich. *Advances in Archaeological Practice*, 12(1), 20-33. <https://doi.org/10.1017/aap.2023.29>

منابع

حریری، نعمت، رضالو، رضا، جوانمردزاده، اردشیر، حیدری‌گوران، سامان (۱۴۰۱). پژوهش‌های سنجه‌پذیر در باستان‌شناسی محیطی دوره پلیستوسن (تعاریف، کاربرد و ضرورت‌ها برای فلات ایران). پیام باستان‌شناس، ۱۴(۲۶)، ۱۵۶-۱۲۳.

معصومیان، محمد، حریری، نعمت (۱۴۰۲). گزارش فصل دوم بررسی باستان‌شناسی تکمیلی شهرستان مریوان، تابستان ۱۴۰۲، جلد دوم، آرشیو سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان کردستان و پژوهشکده باستان‌شناسی، منتشر نشده.

Bollwerk, E., Gupta, N., & Smith, J. (2024). A systems-thinking model of data management and use in US archaeology. *Advances in Archaeological Practice*, 12(1), 53-59. <https://doi.org/10.1017/aap.2023.41>

Heilen, M., & Manney, S. A. (2023). Refining archaeological data collection and management. *Advances in Archaeological Practice*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.1017/aap.2022.41>