بررسی‌های توپوگرافی با به‌کارگیری سیستم تعیین موقعیت جهانی دیفرانسیل دو و سه فرکانسه در تل تخت پاسارگاد[1]

کورش محمدخانی[2] سمانه نظیف[3]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۷/۰۹

****

چکیده

تمامی جزئیات عوارض و پدیده‌های سطح زمین، برروی نقشه‌های توپوگرافی، نمایش داده می‌شود. تهیه‌ی نقشه‌ی توپوگرافی یکی از مهم‌ترین فعالیت‌ها در بررسی‌های باستان‌شناسی است؛ اما بررسی‌های توپوگرافی فراتر از تهیه‌ی این نقشه‌هاست. در محوطه‌ی میراث جهانی پاسارگاد و در هیئت مشترک بررسی‌های باستان‌شناسی ایران – فرانسه، برای نخستین‌بار تیم بررسی‌های توپوگرافی تشکیل شد. این تیم با کمک وسایل و تجهیزات بسیار پیشرفته از قبیل دوربین‌های توتال استیشن و سیستم تعیین موقعیت جهانی دیفرانسیل دو و سه فرکانسه (DGPS)، توانسته‌اند محوطه‌ی باستانی پاسارگاد را در سه فصل مورد بررسی قرار دهند و در فصول بعدی نیز ادامه خواهد داشت. در این بررسی‌ها، نقشه‌بردار در محوطه حرکت کرده و به کوچک‌ترین عوارض و پستی و بلندی‌ها توجه می‌کند. بقایای دیوارها و ساختارهای معماری، بقایای گورها و اجاق‌های باستانی، برون‌زد تخته‌سنگ‌های بزرگ در تپه‌های باستانی، بقایای کانال‌های ساخته شده در گذشته و امروز محوطه، محدوده‌های تجمع قطعات سفال و سنگ و به‌طور کلی کم‌ترین شیب‌ها و کوچک‌ترین پدیده‌ها مهم و قابل تأمل بوده و نقاط آنها به کمک GPS برداشت می‌شوند. هدف از این پژوهش، معرفی بررسی‌های توپوگرافی و ارائه‌ی اهمیت این نوع برداشت در بررسی‌های باستان‌شناسی محوطه‌ی پاسارگاد و همچنین آشنایی با انواع دستگاه اندازه‌گیری موجود در این روش بررسی است. روش تحقیق، استقرایی و شیوه‌ی جمع‌آوری داده‌ها بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای و فعالیت‌های میدانی است. نتایج نشان می‌دهد که در محوطه‌ی میراث جهانی پاسارگاد که سابقه‌ی طولانی حضور باستان‌شناسان معتبر و جهانی را در کارنامه‌ی خود دارد، به کمک تیم بررسی توپوگرافی ساختارهایی شناسایی شده‌اند که تا به امروز از دید باستان‌شناسان پنهان مانده بودند و تنها به کمک این نوع بررسی‌ها و همچنین استفاده از تجهیزات پیشرفته این امر صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی: بررسی توپوگرافی، سیستم تعیین موقعیت جهانی دیفرانسیل (DGPS)، پاسارگاد، تل تخت، باستان‌شناسی.

۱- این مقاله برگرفته از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد سمانه نظیف با عنوان «کاربرد بررسی‌های توپوگرافی در باستان‌شناسی، مطالعه‌ی موردی، تل تخت پاسارگاد» به راهنمایی دکتر کورش محمدخانی است.

۲- استادیار گروه باستان‌شناسی دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید بهشتی K_mohammadkhani@sbu.ac.ir

۳- کارشناس ارشد باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول) Nazifsamaneh@yahoo.com

۱- مقدمه

نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های مادر هستند و روی این نقشه‌ها تمامی جزئیات عوارض و پدیده‌های سطح زمین نمایش داده می‌شوند. برای نمایش این پدیده‌ها و تجسم شکل هندسی این عوارض از خطوط میزان استفاده می‌کنیم. در باستان‌شناسی از نقشه‌های توپوگرافی علاوه بر نمایش پستی و بلندی‌ها، در جانمایی ساختارها و بقایای باستانی، بناها و ساختمان‌ها، ترانشه‌های کاوش‌های باستان‌شناسی، جانمایی مربع‌های برداشت‌های ژئوفیزیک و به‌طور کلی مکان‌یابی و جانمایی تمامی مطالعات میان‌دانشی، از جمله جانمایی پروفایل‌های بررسی‌های سونداژ الکتریکی، جانمایی مقاطع زمین‌شناسی، جانمایی مکان‌های برداشت گرده‌های گیاه باستان‌شناسی و ... روی نقشه‌ها، استفاده می‌شود. اما مبحث بررسی‌های توپوگرافی در باستان‌شناسی بسیار گسترده‌تر از تهیه‌ی نقشه‌ی توپوگرافی است. در بررسی‌های توپوگرافی، ما فعالیت‌های نقشه‌برداران و باستان‌شناسان را توأمان انجام می‌دهیم و درواقع باستان‌شناسانی هستیم که در حال انجام بررسی باستان‌شناسی سیستماتیک محوطه بوده و در عین حال از محوطه نقشه نیز تهیه می‌کنیم.

یک نقشه‌بردار با دید باستان‌شناسانه با حرکت در محوطه، بقایای دیوارها و ساختارهای معماری، بقایای گورها و اجاق‌های باستانی، برون‌زد تخته‌سنگ‌های بزرگ در تپه‌های باستانی، بقایای کانال‌های ساخته شده در گذشته و امروز محوطه، محدوده‌های تجمع قطعات سفال و سنگ و به‌طور کلی کم‌ترین شیب‌ها و کوچک‌ترین عوارض و پدیده‌ها را مورد توجه قرار می‌دهد و نقاط آنها را توسط GPS (سیستم تعیین موقعیت جهانی) برداشت می‌کند. مجموعه میراث جهانی پاسارگاد، در شمال غربی استان فارس قرار دارد.

نخستین کاوشگر این محوطه باستانی ارنست هرتسفلد[1] بود. وی اولین بازدید خود از این محوطه را در سال ۱۹۰۵م. به عمل آورد. گمانه‌های محدود در دروازه شرقی و دو کاخ اصلی و همچنین دو ترانشه دراز و موازی بر بالای تل تخت که هر کدام از مرکز تختگاه اصلی فوقانی عبور می‌کند، عملیات هرتسفلد در سال ۱۹۲۸ بود ***(Herzfeld, 1929-30)***.

دومین کاوشگری که خود را با پاسارگاد درگیر کرد، سر اورل استین در سال ۱۹۳٤ بود. او و نقشه‌بردارش محمدایوب‌خان نقشه‌ای را ترسیم کردند که برای مدتی طولانی، دقیق‌ترین نقشه دشت پاسارگاد به حساب می‌آمد. در سال ۱۳۲۸ اداره کل باستان‌شناسی ایران کاوش‌های خود را به سرپرستی علی سامی در پاسارگاد آغاز کرد. طی پنج سال فعالیت، سامی برنامه کاری گسترده‌ای را اجرا کرد که شامل: پاک‌سازی محوطه اطراف آرامگاه کوروش، مشخص کردن و نقشه‌برداری از تعدادی ساختار دوره اسلامی در اطراف آن و افزودن جزئیات بسیار مهم به نقشه کاخ‌هایS و P بود. کاوش‌های وی در تل تخت، یکی از دو راه‌پله سکو را نیز آشکار کرد ***(سامی، ۱۳۳۰)***. هیئت اعزامی از مؤسسه مطالعات ایرانی بریتانیا، به سرپرستی دیوید استروناخ[2] از سال ۱۹٦۱ م. تا سال ۱۹٦۳ م. در این محوطه باستانی، کاوش‌هایی انجام داده‌اند. وی به کاوش در تل تخت پرداخت و ٤ دوره فرهنگی از دوران کورش تا صدر اسلام را برای این بنا پیشنهاد کرد ***(استروناخ، ۱۳۷۹)***. در سال ۱۳۷۸ رمی بوشارلا[3] طرحی تحت عنوان «فارس مرکزی در دوران هخامنشی» را به سازمان میراث فرهنگی ایران، پیشنهاد داد که باعث اجرای پروژه بررسی‌های آرکئوژئوفیزیکی در پاسارگاد شد. طی ٦ فصل از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۸۷ این بررسی‌ها توسط هیئت مشترک ایرانی ـ فرانسوی به روش‌های آرکئوژئوفیزیکی انجام شد و سبب آشکارسازی سازه‌ها و ساختارهای مدفون جدیدی در محوطه پاسارگاد شد ***(Boucharlat & Benech, 2002)***. از سال ۱۳۹٤ تا به امروز هیئت مشترک ایران– فرانسه به سرپرستی کورش محمدخانی و سباستین گندت پژوهش‌هایی نوین با روش‌های باستان‌شناسی غیرتخریبی همچون بررسی‌های ژئوفیزیک، بررسی توپوگرافی، بررسی‌های باستان‌شناسی،

1- Ernest Herzfeld

2- Daivid Stronach

3- Rémy Boucharlat

نگاره ۱: چپ- نقشه‌ی جغرافیایی ایران. نگاره ۲: راست- موقعیت استان فارس

(منبع: https://www.Google earth.com, ۲۰۱۸/۱۲/۲۰)

بررسی‌های دیرین اقلیم‌شناسی، گیاه‌باستان‌شناسی، عکاسی هوایی و سنجش از دور و.... انجام داده است که در آینده نیز ادامه خواهد داشت ***(Gondet & Mohammadkhani, 2016)***. تاکنون هیچ‌گونه تحقیقی راجع‌به بررسی‌های توپوگرافی در باستان‌شناسی، در ایران انجام نشده و تنها در تمامی محوطه‌ها به تهیه‌ی نقشه توپوگرافی اکتفا شده‌است اما در محوطه‌ی میراث جهانی پاسارگاد برای نخستین‌بار با استفاده از دستگاه‌هایی همچون سیستم تعیین موقعیت جهانی دیفرانسیل دو و سه فرکانسه و دوربین‌های نقشه‌برداری توتال استیشن به بررسی توپوگرافی پرداخته شده‌است. هدف از این پژوهش معرفی روش و تکنیک بررسی‌های توپوگرافی و ارائه‌ی اهمیت این نوع برداشت در بررسی‌های باستان‌شناسی و همچنین آشنایی با انواع دستگاه اندازه‌گیری موجود در این روش بررسی است. همچنین در پی پاسخ به این پرسش هستیم که با بررسی‌های توپوگرافی در پاسارگاد چه بقایای معماری و عوارض سطحی دیگری را می‌توان برداشت کرد؟ روش تحقیق مبتنی بر استدلال استقرایی و شیوه‌ی جمع‌آوری داده‌ها بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای و فعالیت‌های میدانی است. نتایج بررسی توپوگرافی در تل تخت پاسارگاد به‌عنوان نمونه‌ای مطالعاتی ذکر می‌شود.

۲- محدوده مورد مطالعه

پاسارگاد

مجموعه باستانی پاسارگاد، در شمال غربی استان فارس، در ۱۳۸ کیلومتری شیراز، در شهرستان پاسارگاد، بخش مادرسلیمان قرار دارد. این مجموعه تاریخی در دامنه تپه‌ها و کوه‌های منشعب از سلسله جبال زاگرس قرار گرفته و در مختصات جغرافیایی 30 11N و 53 11E واقع شده است.

۲-۱- بناهای موجود درمحوطه پاسارگاد

آرامگاه کورش، با شکوه‌ترین بنای موجود در محوطه‌ی پاسارگاد است. محوطه‌ی کاخ‌ها در مرکز پاسارگاد، بین آرامگاه کورش در جنوب غربی، و تل تخت در شمال شرقی واقع شده است.

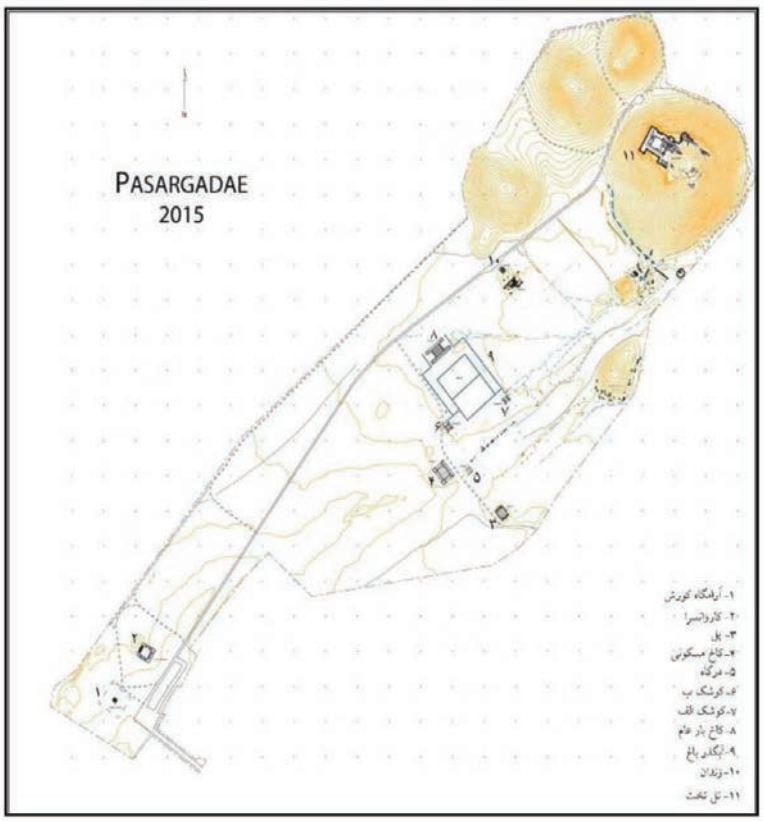
نگاره ۳: محوطه میراث جهانی پاسارگاد

(منبع: https://www.Google earth.com, ۲۰۱۸/۱۲/۲۰)

سه ساختار با شکوه، کاخ S (کاخ بارعام کورش، تالار بارعام، کاخ ستون‌دار)، کاخ P (کاخ اختصاصی، کاخ مسکونی کورش کبیر) و کاخ R (دروازه R، کاخ نقش‌برجسته‌دار هرتسفلد، کاخ شرقی سامی) به فاصله تقریبی ۲۰۰ متر از یکدیگر در این محوطه قرار گرفته‌اند. پل، باغ سلطنتی، کوشک A، کوشک B، تل تخت، زندان سلیمان، کاروانسرای اسلامی مظفری و محوطه‌ی مقدس از دیگر بناهای موجود در مجموعه پاسارگاد هستند (نقشه ۱).

۲-۲- تل تخت

تل تخت، تختگاهی عظیم بر بالای تپه‌ای طبیعی است و حدوداً ۵۰ متر از سطح دشت ارتفاع دارد (نگاره‌های ٤ و ٥). این تختگاه، از سنگ‌های تراشیده، ساخته شده و دسترسی به آن از طریق دو راه‌پله میسر بوده است. احتمالاً بر بالای تل تخت اقامتگاه خصوصی کورش قرار داشته است. از قرار معلوم این تختگاه از ارگ سارد الهام گرفته شده است و تردیدی نیست که سنگ‌تراشان لودیه‌ای در ساختن آن نقش اساسی داشته‌اند. چه بسا این تختگاه الهام‌بخش داریوش در احداث تختگاه تخت جمشید بوده است *(عبدی، ۱۳۷٤: ۱٦۲)*.



نقشه ۱: نقشه‌ی توپوگرافی محوطه‌ی پاسارگاد، تهیه شده در سال ۱۳۹٤

نگاره ٤: عکس هوایی تل تخت

(منبع: برنارد نوئل شائئی، ۲۰۰۳)

تختگاه تل تخت از سه بخش اساسی تشکیل می‌شود. دیوار خارجی، دیوار داخلی، قسمت مرکزی. دیوار خارجی از قطعات سنگ آهکی بزرگ و خوش‌تراش که در حدود بیست رگه افقی بر روی یکدیگر چیده شده، ساخته شده است و دیوار داخلی از قطعات زمخت، ماسه‌سنگ مایل به قرمز، با شکل و اندازه متفاوت شکل گرفته است. مرکز تختگاه با قطعات کوچک سنگ آهک ساخته شده و گاهی از ساروج سفیدرنگ برای ترازبندی آنها استفاده شده است *(استروناخ، ۱۳۷۹: ۳۰)*.

در قسمت‌های مختلف تل تخت، چهار دوره استقراری شناسائی شده است: دوره اول، ساخت و سازهای زمان کورش بزرگ از حدود ٥٤٦ تا ٥٣٠ ق.م به‌ویژه احداث خود تختگاه است، که گویا با مرگ کورش ناتمام می‌ماند. دوره دوم، از حدود ٥٠٠ تا ٣٠٠ ق.م ادامه می‌یابد و طی آن با احداث یک دیوار خشتی بر رأس تپه، این تختگاه به کارگاه و انبار بدل می‌شود. در پایان دوره هخامنشی، تل تخت ویران شده و می‌توان احتمال داد که خزانه پاسارگاد که به اسکندر تسلیم شده، در این محل قرار داشته است. دوره سوم استقراری تل تخت، از ۲۸۰ تا ۱۸۰ ق.م به اشغال فرته‌داران درآمده است. دوره چهارم استقراری تل تخت، در اواخر دوره ساسانی و اوایل دوره اسلامی بوده است *(عبدی، ۱۳۷٤: ۱٦۲)*.

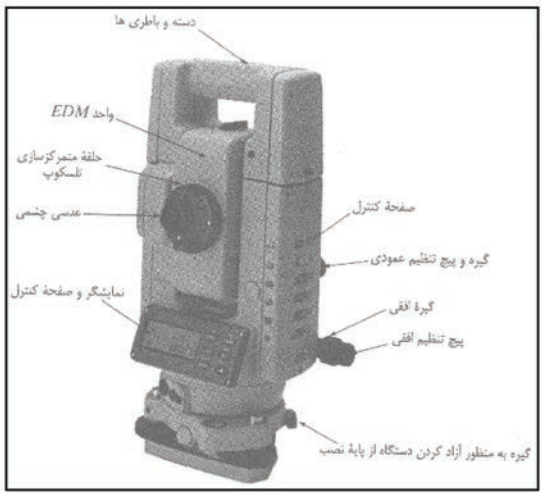
نگاره ٥: عکس هوایی تل تخت از شمال غربی

(منبع: استروناخ، ۱۳۷۹)

۳- تجهیزات و روش‌ها

۳-۱- توتال استیشن

توتال استیشن شامل یک دستگاه طول‌یاب الکترونیک با بُرد کوتاه یا متوسط است که در قالب یک تئودولیت الکترونیکی نصب شده است و کلیه اجزاء آن تحت کنترل یک ریزپردازنده داخلی است. حاصل این مجموعه دستگاهی است که مشاهده فاصله و امتداد را هم‌زمان امکان‌پذیر می‌سازد (نگاره ٦) *(اندرسون و میخائیل، ۱۳۸۷: ٥۲٤)*.



نگاره ٦: دستگاه توتال استیشن، Topcon GTS-304

(منبع: اندرسون و میخائیل، ۱۳۸۷)

۳-۲- سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)

GPS، پیشرفته‌ترین سیستم ثبت موقعیت بر روی زمین است. به بیانی دیگر GPS یک سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای است که براساس زمان‌سنجی و تعیین فاصله کار می‌کند *(قهرودی تالی و بابایی فینی، ۱۳۹٤: ٦۳)*. با به کارگیری قدرت GPS، می‌توان سریع‌تر و دقیق‌تر نقشه‌برداری کرد. GPS، بیست و چهار ساعته و در هفت روز هفته و تقریباً در هر شرایط آب و هوایی کار می‌کند و نتایج صحیح ژئودتیکی را ارائه می‌دهد. و همچنین امکان انجام مشاهدات بیشتر با نیروی انسانی کمتر را فراهم می‌کند *(محمدی و دیگران، ۱۳۹۰: ۲۸)*.

۳-۲-۱- عناصر تشکیل‌دهنده‌ی GPS

سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) از سه بخش اصلی تشکیل شده است که عبارتند از: سیستم کنترل زمینی، سیستم فضایی، سیستم گیرنده‌های زمینی. دستگاه GPS که به عنوان گیرنده زمینی در اختیار یک کاربر قرار می‌گیرد از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است:

۱- آنتن و تقویت‌کننده اولیه.
۲- واحد پردازشگر، حافظه، بررسی‌کننده‌های سیگنال‌های (حامل،کد) و منبع تغذیه.
۳- کلید فرامین و صفحه نشان‌دهنده.

سیگنال‌های ارسالی از ماهواره، توسط آنتن دریافت و بعد از تقویت در تقویت‌کننده اولیه، وارد واحدهای بررسی‌کننده سیگنال‌های حامل و کد شده، سپس به بخش واحد پردازشگر و حافظه که دارای نرم‌افزار خاصی برای پردازش اطلاعات است، اعمال می‌گردد. در این واحد روی اطلاعات دریافتی از ماهواره‌ها محاسبات لازم انجام و طول و عرض جغرافیایی موقعیت تعیین می‌گردد. نتایج فوق به قسمت فرامین و صفحه نشان‌دهنده ارسال و در روی صفحه نشان داده می‌شود *(قادری، ۱۳۸۷: ۳۳-۳٦)*.

۳-۲-۲- GPS بر مبنای نوع گیرنده

GPS دستی (نگاره ۷): کاربری این گیرنده‌ها برای اهداف غیر نظامی بوده و تمام افراد می‌توانند از آن استفاده نمایند.

نگاره ۷: راست- GPS دستی. نگاره ۸: چپ- گیرنده‌های جی آی اس (GIS)

(منبع: www.Caloob.com)

نگاره ۹: گیرنده‌های تک و دو فرکانسه

(منبع: www.Caloob.com)

گیرنده‌های جی آی اس (GIS) (نگاره ۸): کاربری این گیرنده‌ها برای مقاصد جی آی اس شهری، خطوط لوله، حریم جاده، تعیین موقعیت دکل‌های برق و مخابرات، تعیین دریچه‌های مخابرات، برق، فاضلاب شهری و ...و نقشه‌برداری فاز صفر و یک است.

گیرنده‌های تک فرکانسه: کاربری این دستگاه برای تکثیر شبکه نقاط نقشه‌برداری است و برای عملیات برداشت نقاط شهری مناسب نیست، اما در خارج از شهر و در مناطق دشت و تپه ماهواره با توجه به برقراری دید آسمانی مناسب امکان برداشت نقاط با در نظر گرفتن دقت ۱ تا ۲ سانتی‌متر وجود دارد.

گیرنده‌های دو فرکانسه: دستگاه‌های دو فرکانسه محدوده‌ی کار بیشتری را نسبت به دستگاه‌های تک فرکانسه پوشش می‌دهند ضمن آن‌که در صورت قطع ارتباط با ماهواره، در زمانی کمتر از یک دقیقه نیاز به توجیه مجدد دستگاه است (*www.Caloob.com*).

۳-۲-۳- روش برداشت RTK[1]

روش برداشت RTK، فرآیندی است که در آن تصحیح‌های سیگنال GPS به صورت آنی (real-time) از یک ایستگاه گیرنده مرجع با موقعیت معلوم، برای یک یا چندین گیرنده متحرک فرستاده می‌شود.

به این معنا که با استفاده از مشاهده‌های کوتاه‌مدت امکان تعیین موقعیت دینامیک (تعیین موقعیت در حال حرکت بین ایستگاه‌ها) فراهم شده و با استفاده از سیگنال‌های فاز حامل، موقعیت مکانی ایستگاه سیار با صحتی در حد چند سانتی‌متر تعیین می‌گردد. در حقیقت در روش RTK با استفاده از یک گیرنده ثابت GPS که بر روی یک ایستگاه با مختصات معلوم مستقر شده است، خطاهای مشاهده‌ها آشکارسازی می‌شوند و از طریق یک آنتن رادیویی به گیرنده‌های متحرک ارسال می‌شوند و آن گیرنده‌ها با اعمال تصحیح به مشاهده‌های خود، موقعیت دقیق محل خود را مشخص می‌نمایند *(محمدی و دیگران، ۱۳۹۰: ۲۹)*.

۳-۲-۴- مزایای تهیه نقشه‌های توپوگرافی با استفاده از موقعیت‌یابی ماهواره‌ای

از مزایای استفاده از GPS برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی و تهیه پروفیل‌ها می‌توان به این موارد اشاره کرد: ۱- عدم نیاز به دید بین نقاط کنترل و در نتیجه کاهش تعداد نقاط کنترل مورد نیاز. ۲- عدم نیاز به برقراری دید بین گیرنده متحرک و گیرنده ثابت، حین برداشت و رفع مسأله نقاط کمکی. ۳- جایگزینی عملیات ترازیابی درجه سه با اندازه‌گیری‌های ارتفاعی GPS و تصحیح آن با استفاده از مدل‌های ژئوپتانسیل. ٤- کاهش چشمگیر خطاهای اپراتوری در مراحل مختلف مشاهدات و حذف خطاهای محاسباتی. ٥- قابلیت کارکرد در شب و افزایش سرعت پیشرفت کار. ٦- کاهش قابل ملاحظه هزینه‌ها. ۷- دستیابی به دقت‌های برابر و حتی بهتر از روش‌های متداول نقشه‌برداری *(نعیمی و نجفی‌علمداری، ۱۳۸۵: ۹)*.

در هیئت بررسی‌های باستان‌شناسی پاسارگاد، در فصل دوم و سوم (سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦) جهت بررسی‌های توپوگرافی از یک دستگاه موقعیت‌یاب جهانی دو فرکانسه لایکا با تصحیح آنی استفاده شد. ردیابی فرکانس‌های L1 L2C, L2, از ماهواره‌های GPS، فرکانس‌های L2, L1 از ماهواره‌هایGNSS ، فرکانس‌های B2, B1 از ماهواره‌های BeiDou و فرکانس‌های Alt-Boc, E5b, E5a, E1 از ماهواره‌های Galileo و آمادگی دریافت فرکانس‌های سیستم SBAS، برخورداری از تکنولوژی Smart Trackجهت آنالیز دقیق و مشاهده سیگنال‌های دریافتی ضعیف شده، ارتباط سریع گیرنده‌ی ثابت و گیرنده‌ی متحرک، حداکثر زمان مورد نیاز شروع RTK ده ثانیه، قرائت نقطه در ٥ ثانیه، قابلیت ذخیره اطلاعات برداشت RTK بر روی کنترلر و خروجی مستقیم فایل Text با فرمت DXF, ASCII، از جمله ویژگی‌های این دستگاه است.

٤- بررسی توپوگرافی

برای بررسی توپوگرافی، بعد از حضور در محوطه و مشخص کردن محل بررسی، اولین اقدام، نصب گیرنده‌ی

۱- روش تعیین موقعیت کینماتیک آنی
Real Time Kinematic

ثابت است. در محوطه تعدادی نقطه‌ی بنچ‌مارک داریم. نزدیک‌ترین نقطه‌ی بنچ‌مارک به محل بررسی آن روز را انتخاب کرده و گیرنده‌ی ثابت را که روی سه‌پایه قرار داده‌ایم، با عملیات سانتراژ (قراردادن مرکز روی نقطه‌ی بنچ‌مارک) نصب می‌کنیم. با بستن گیرنده‌ی متحرک و ترمینال به ژالون، دستگاه، آماده‌ی برداشت خواهد بود (نگاره ۱۰).

برداشت

پس از نصب دستگاه، با در دست داشتن ژالون در حالی‌که گیرنده‌ی متحرک و ترمینال به آن متصل هستند، شروع به حرکت در محوطه می‌کنیم. ترسیم کروکی و یادداشت تمامی جزئیات در حین فعالیت میدانی از مهم‌ترین بخش‌های کار است. این یادداشت‌ها و ترسیمات هنگام ترسیم نقشه‌ها و آماده‌سازی گزارش کار، راهنمای بسیار مفید، مؤثر و کارآمدی برای نقشه‌بردار خواهد بود.

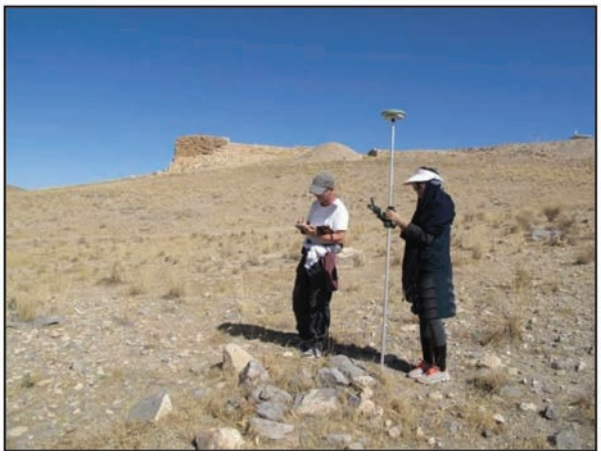
٤-١- برداشت نقاط بقایای دیوارها

برداشت نقاط بقایای دیوارها در محوطه‌های باستانی (نگاره ۱۱) یکی از مشکل‌ترین بخش‌های کار است؛ چرا که نیاز به دقت و توجه زیادی دارد و گاه به‌دلیل خستگی چشم بر اثر مشاهده‌ی طولانی‌مدت، نقشه‌بردار دچار خطا و اشتباه می‌شود. در محوطه‌ها و تپه‌های باستانی، به‌علت گذر زمان، خطوط دیوارها و زوایای تقاطعشان کاملاً مشهود نیستند و گاه از چنددیوار و زوایای تقاطعشان، فقط قطعاتی از دیوارها قابل مشاهده هستند. در این‌گونه موارد، نقشه‌بردار فقط بقایایی را که می‌بیند، برداشت کرده و از تجسم خطوط و دیوارها پرهیز می‌کند؛ چرا که امکان خطا بسیار زیاد است. برای برداشت، ژالون را در نقطه‌ی وسط عرض دیوار قرار داده و نقطه را برداشت می‌کنیم، برای بقیه‌ی نقاط نیز به همین ترتیب عمل می‌کنیم. عرض دیوار را اندازه گرفته و در دفترچه یادداشت می‌کنیم، همچنین نقاط ابتدایی و انتهایی و در صورتی‌که نقطه‌ی دیگری در طول دیوار برداشت کرده‌ایم را نیز یادداشت می‌کنیم. اگر بقایای چند دیوار که با یکدیگر تقاطع داشتند، قابل مشاهده بودند، حتما نیاز به ترسیم کروکی داریم برای اینکه هنگام ترسیمات در نرم‌افزار دچار اشتباه نشویم و خطوط دیوار را به‌درستی ترسیم کنیم. هنگام انجام بررسی‌های توپوگرافی، بهتر و صحیح‌تر آن است که تمامی نقاط یک بخش از کار

نگاره ۱۰: راست- گیرنده‌ی ثابت[1]، چپ- گیرنده‌ی متحرک[2]

1- Base , Station
2- Rover, Mobile

را در محوطه یا تپه‌ی مورد نظر برداشت کنیم و پس از پایان برداشت نقاط آن قسمت به سراغ دیگر موارد برویم؛ مثلاً پس از پایان یافتن برداشت نقاط بقایای دیوارها در تپه یا محوطه‌ی موردنظر به برداشت نقاط دیگر همچون کانال‌ها و... بپردازیم؛ چرا که بازگشت به محدوده‌ی موردنظر و یادآوری این‌که کدام‌یک از دیوارها را برداشت کرده‌ایم و کدام باقی مانده است، امری بس دشوار و زمان‌گیر است و امکان برداشت نقاط تکراری که سبب شلوغی و آشفتگی نقشه می‌شود، بسیار زیاد است. در این‌گونه موارد گاه برای جلوگیری از برداشت نقاط تکراری، امکان برداشت نکردن برخی نقاط به‌وجود می‌آید و در نتیجه، در انتهای کار نتایج مطلوبی نخواهیم گرفت.



نگاره ۱۱: برداشت نقاط بقایای دیوار در شیب جنوبی تل تخت

٤-٢- برداشت نقاط ساختارهای معماری پابرجا (خانه، کاخ، کاروانسرا، آرامگاه،...)

یکی از موارد بسیار مهم برای برداشت نقاط یک ساختار پابرجا، ترسیم کروکی صحیح از این ساختارهاست؛ ترسیم کروکی با جهت شمال در هنگام ترسیم نهایی در نرم‌افزار، راهنمای مناسبی برای نقشه‌بردار برای تکمیل نقشه است. برای برداشت نقاط پلان بنا، نقاط حد انتهایی دیوارها و همچنین نقاط تقاطع دیوارها با یکدیگر را برداشت می‌کنیم.

٤-٣- برداشت نقاط قبرها (گورها)

گورها نیز جزء ساختارهایی هستند که برداشت توپوگرافی آنها همانند برداشت نقاط ساختارهای برجاست، و فرم‌های متنوعی اعم از مستطیل، دایره، بیضی و... دارند. برای برداشت نقاط یک گور، حداقل برداشت سه‌نقطه جهت ترسیم آنها الزامی است،؛ چرا که برای ترسیم اشکالی به فرم دایره و یا چندضلعی در نرم‌افزار، نیازمند حداقل سه‌نقطه هستیم. یکی از نشانه‌هایی که در برداشت نقاط گورها کمک‌کننده است، جهت‌گیری گورهای متعلق به دوران اسلامی به سمت قبله است.

٤-٤- برداشت نقاط کانال‌ها

برای برداشت نقاط یک کانال متعلق به دوران معاصر، پس از ترسیم کروکی و عناصر شاخص و یادداشت نکات مهم و عرض و عمق کانال، ژالون را در وسط عرض کانال قرار می‌دهیم و نقطه‌ای را برداشت می‌کنیم. با داشتن نقطه‌ی وسط عرض مسیر کانال و ابعاد عرض می‌توانیم در نرم‌افزار کانال را ترسیم کنیم. سپس مسیر کانال را ادامه می‌دهیم و با توجه به مقیاس نقشه، تعداد نقاطی که نیاز است را برداشت می‌کنیم، مثلاً در مقیاس ۱:۱۰۰۰ برداشت یک نقطه در هر ٤٠متر یا ٥٠متر کافی است. اگر مسیر کانال به‌صورت یک کمان باشد برای ترسیم صحیح آن در نرم‌افزار نیاز است که سه‌نقطه‌ی شروع کمان، وسط کمان و نقطه‌ی انتهایی کمان را حتماً داشته باشیم. این نکته در اینجا قابل ذکر است که به این دلیل نقاط کانال‌های ساخته شده در دوران معاصر برداشت می‌شوند که هنگام بررسی ژئوفیزیک، اگر این کانال‌ها نیز در مربع‌های برداشت‌های ژئوفیزیک باشند، توسط اپراتور برداشت خواهند شد و در نقشه‌های حاصل از بررسی‌های ژئوفیزیک به‌صورت ساختارهایی آشکار می‌شوند که گاه باستان‌شناس را دچار اشتباه خواهند کرد که بقایایی باستانی هستند.

برداشت نقاط محدوده‌های زمین‌شناسی (ساخت و ساز در این قسمت‌ها به‌علت وجود تخته‌سنگ‌های بسیار بزرگ امری غیرممکن است و این محدوده‌ها در تپه‌های

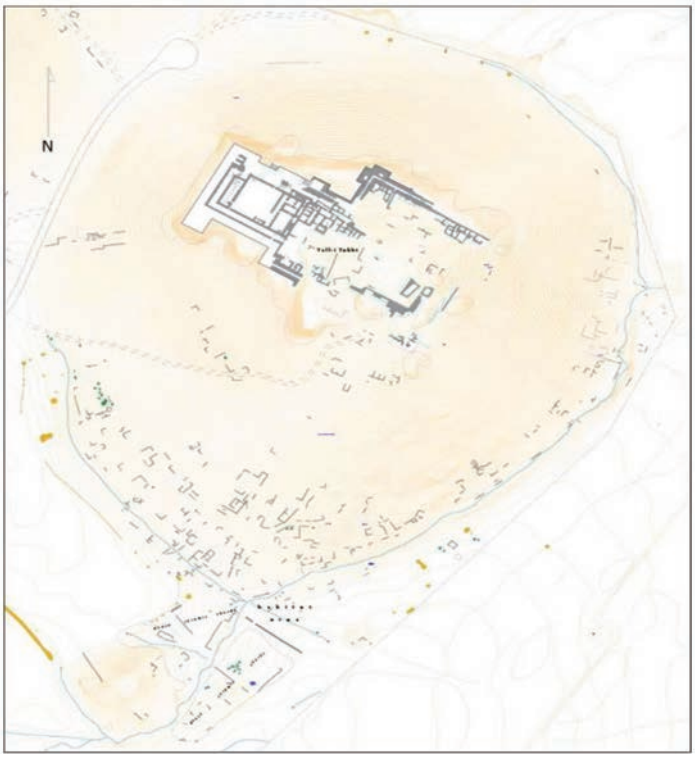
باستانی، غیرمسکونی بوده‌اند، و اثری از ساخت و ساز در آنها وجود ندارد؛ بنابراین با برداشت نقاطی از این محدوده‌ها، در نقشه‌های توپوگرافی نهایی، سؤالی در ارتباط با دلایل نبود نشانه‌هایی از ساخت و ساز در این محدوده‌ها، برای باستان‌شناسان باقی نخواهد ماند)، نقاط محدوده‌های تجمع سنگ و سفال (تجمع سنگ و سفال در یک محوطه‌ی باستانی، یکی از نشانه‌های استقرار در گذشته در محل مورد نظر است)، نقاط رودخانه و آب‌کند، نقاط مسیرهای حرکتی، نقاط ارتفاعی(این نقاط جهت ترسیم خطوط ارتفاعی در نقشه‌های توپوگرافی برداشت می‌شوند) و نقاط محدوده‌هایی که حاوی نقاشی‌های چوپانی یا بازی‌های متعلق به مردمان در دوران گذشته است، از دیگر نقاطی هستند که در بررسی‌های توپوگرافی توسط نقشه‌بردار برداشت می‌شوند.

۵- نتایج و یافته‌ها

بررسی‌های توپوگرافی در محوطه میراث جهانی پاسارگاد

در محوطه‌ی میراث جهانی پاسارگاد، بنچ‌مارک‌های توپوگرافی که قبلاً مورد استفاده قرار می‌گرفت اکثراً از بین رفته بودند و برای برداشت‌های توپوگرافی در سطح محوطه نیاز به ایجاد شبکه‌ای از بنچ‌مارک‌ها بود؛ بنابراین این شبکه توسط تیم توپوگرافی هیئت مشترک بررسی‌های باستان‌شناسی پاسارگاد در سال ۱۳۹٤، ایجاد شد.

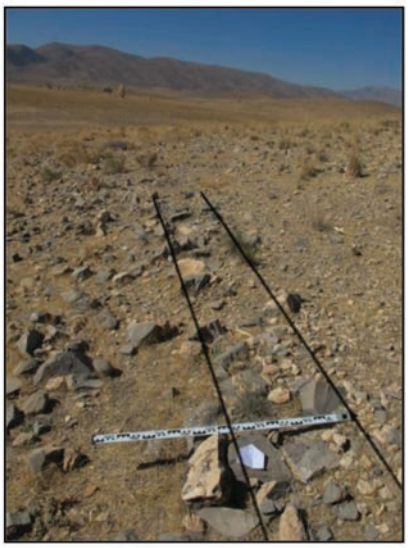
در فصل اول در سال ۱۳۹٤بررسی‌های توپوگرافی در محوطه‌ی پاسارگاد با دوربین توتال استیشن انجام شد. در این بررسی‌ها، نقاط کانال‌های جدید و قدیم، و همچنین نقاط توده‌ای از قلوه‌سنگ‌هایی که به‌خاطر فعالیت‌های کشاورزی امروزی، در حاشیه‌ی کانال‌ها انباشته شده بودند، برداشت شدند. بقایای دیوارها و دو ناحیه‌ی مسکونی همراه با مواد باستان‌شناختی (قطعات سفالی، بلوک‌های سنگ آهک، سنگ آسیاب، ...) شناسایی شدند و نقاط این دیوارها نیز برداشت شدند. این ساختارهای شناسایی شده عموماً در دامنه‌های تل تخت و تل سنگی واقع شده‌اند. در فصل دوم و سوم (در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦) بررسی‌ها با GPS دو و سه فرکانسه انجام شد. تیم بررسی‌های توپوگرافی در این فصل، یک منطقه مسکونی روی تپه کوچک واقع در ۱۰۰متری شمال غربی زندان سلیمان شناسایی کرد؛



نقشه ۲: بقایای آثار شناسایی شده در بررسی‌های توپوگرافی در اطراف تل تخت در تصویر دیده می‌شود.

بقایای دیوارهایی که تا به امروز ناشناخته بوده است. نقاط این دیوارها برداشت شدند و تمامی یادداشت‌های لازم برای ترسیمات نهایی در نرم‌افزار انجام شد. با حرکت در قسمت شمالی به طرف زمین‌های کشاورزی، کانال‌های آب قدیمی و ساختارهای جداگانه بیشتری شناسایی شد. بقایای ساختمان‌هایی نیز در این قسمت شناسایی شد ولی با توجه به کمبود قطعات سفال روی سطح، احتمال این‌که این بقایا جدید باشند بسیار زیاد بود.

بررسی‌ها در دامنه تل تخت ادامه یافت و نتایج قابل توجهی در شیب تپه تل تخت به دست آمد (نگاره‌های ۱۲ و ۱۳). بررسی‌ها نشان داد که یک منطقه متراکم تقریباً ۱۰ هکتاری، در شیب جنوبی تپه وجود داشته است (نقشه ۲). این بررسی‌ها در قسمت بالای تل تخت نیز ادامه یافت. اما به‌دلیل وجود برون‌زد تخته‌سنگ‌های متعدد در این بخش، تشخیص و شناسایی ساختارهای مشابه بخش جنوبی و شرقی بسیار مشکل بود. از دیگر مشاهدات قابل توجه در این قسمت وجود کانال‌های آبی است که احتمالاً متعلق به دوران معاصر می‌باشند و در حال حاضر رها شده‌اند، این کانال‌ها در قسمت جنوب و شرق در پای تل تخت جاری بوده‌اند و گاهی اوقات ساختمان‌ها را قطع می‌کنند یا دور می‌زنند.



نگاره ۱۲: بقایای دیوارهای ضلع جنوبی تل تخت

نگاره ۱۳: بقایای دیوارها در ضلع جنوب و متمایل به شرق تل تخت

در شیب جنوبی تل تخت، علاوه بر دیوارهای سنگی، ساختارهای گورمانندی بودند که بعضی از این ساختارها به دلیل قرارگیری در جهت شمالی- جنوبی احتمالاً به قبور اسلامی منتسب می‌شوند. علاوه بر آن در این بخش در قسمت جنوب غربی تختگاه تل تخت باروی سنگی کنگره‌داری تشخیص داده شد که تا جاده آسفالته ادامه داشت (نگاره ١٤) و بعد از آن، بعضی از آثار آن از بین رفته بود و روی سطح چیزی دیده نمی‌شد.

نگاره ١٤: بقایای باروی سنگی کنگره‌دار در جنوب غربی تل تخت

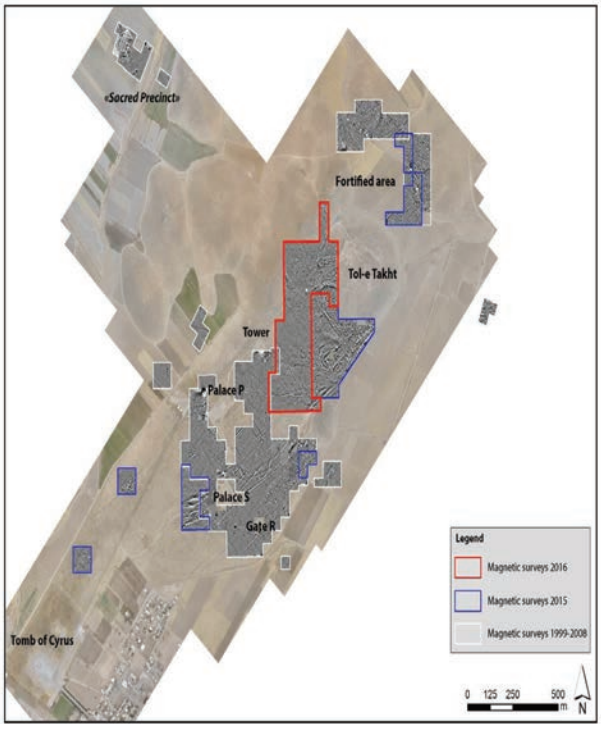
این بارو در بررسی‌های مغناطیس‌سنجی نیز به‌خوبی مشخص و آنومالی‌های آن معین شد. با تمرکز بر شیب تل تخت و برداشت داده‌ها از اطراف آن، تراکم بسیاری از مناطق مسکونی تشخیص داده شد. این فعالیت، در شمال تل تخت بین باروی خشتی چندضلعی و تل تخت نیز ادامه یافت و بقایای باستان‌شناختی معماری بسیاری برداشت گردید.

نگاره ۱۵: بقایای دیوارهای بالای تل تخت

در فصل سوم و در سال ۱۳۹٦، بارش برف باعث شد که تشخیص ساختارها بسیار شفاف‌تر شود (نگاره ۱٦). برف روی خاک محیط که سردتر از سنگ‌های موجود در دیوارهای بقایای باستانی هستند مدت زمان بیشتری باقی می‌ماند و باعث می‌شود این ساختارها به‌خوبی قابل تشخیص باشند. خوشبختانه بارش این فرصت را در اختیار تیم توپوگرافی قرار داد تا بتوانند در شیب شمال تل تخت و داخل باروی چندضلعی ساختارهای معماری بسیاری را ثبت و برداشت کنند.

در بررسی‌های ژئوفیزیک نیز آنومالی این ساختارها شناسایی شد (نقشه‌های ۳ و ٤). همچنین در این فصل وجود تیم عکاسی هوایی کمک فراوانی به هیئت باستان‌شناسی کرد؛ زیرا با تهیه‌ی عکس از این منطقه از ارتفاع کم، بعد از بارش برف، درستی تشخیص ساختارها تأیید شد. در مجموع در این قسمت از محوطه، ساختارهای برداشت شده توسط تیم بررسی توپوگرافی نیز با داده‌های تیم ژئوفیزیک و تیم عکاسی هوایی انطباق قابل قبولی دارند (نقشه ۵).

نگاره ١٦: ساختارهای منظمی که بعد از بارش برف در سال ۱۳۹۵ در قسمت شمالی تل تخت توسط عکس‌برداری هوایی مشخص شدند.



نقشه ۳: بررسی‌های مغناطیس‌سنجی انجام شده در پاسارگاد بین سال‌های ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۸۷ و سال‌های ۱۳۹٤ تا سال ۱۳۹٦

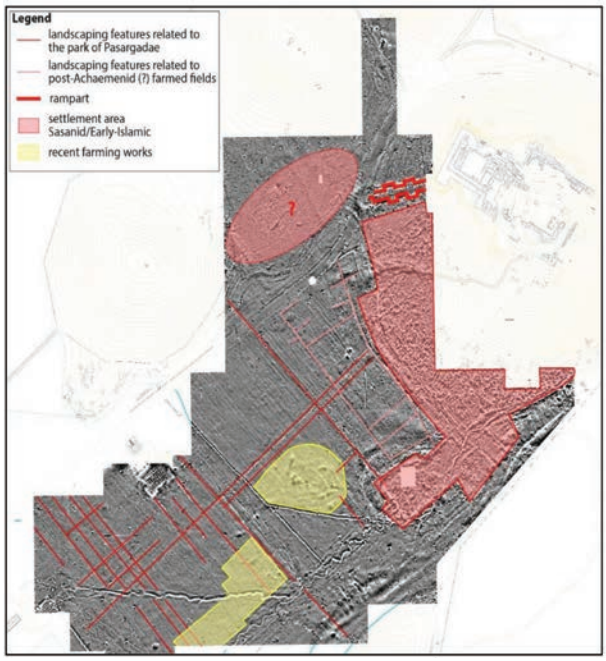
٦- نتیجه‌گیری

برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر در فعالیت‌های باستان‌شناسی، نیازمند آگاهی از دانش روز دنیا هستیم. امروز دیگر جایی برای روش‌های تخریبی در باستان‌شناسی وجود ندارد و به‌کارگیری تجهیزات پیشرفته و مدرن در کنار افراد متخصص و مسلط به کاربرد این ابزار، باعث آن می‌شود که فعالیت‌های میدانی با صرف زمان و نیروی انسانی کمتر و همچنین به‌دست آمدن نتایج دقیق و قطعی‌تر پیش برود. نقشه‌برداری، به کمک ابزار پیشرفته و به‌کارگیری آن توسط متخصصان، بسیار توسعه یافته و دارای کاربردهای فراوانی در دیگر علوم و دانش‌هاست.

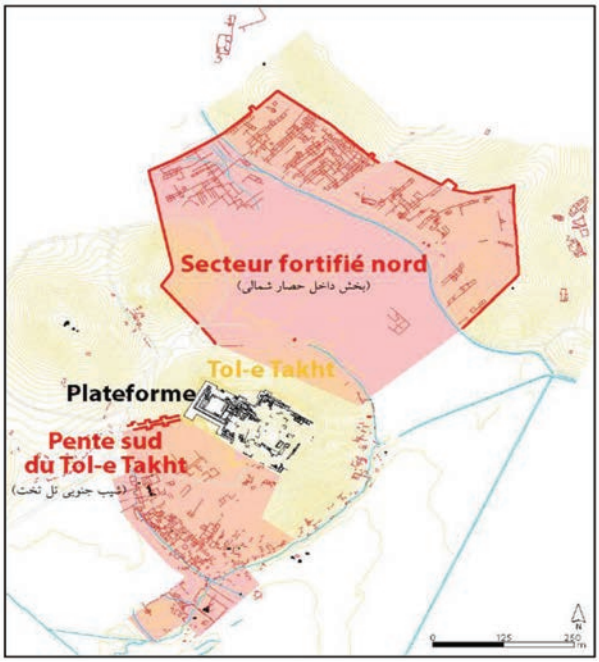
دستگاه‌های توتال استیشن که با استفاده از آنها، دقت و سرعت در اندازه‌گیری فاصله میان دو نقطه و درواقع فاصله‌یابی، افزایش چشمگیری داشته است، GPS که پیشرفته‌ترین سیستم ثبت موقعیت روی زمین است و با به‌کارگیری قدرت آن، می‌توان سریع‌تر و دقیق‌تر نقشه‌برداری کرد، و همچنین سیستم تعیین موقعیت جهانی دیفرانسیل دو و سه فرکانسه که در هیئت مشترک پاسارگاد استفاده می‌شدند و دارای قابلیت‌های فراوانی از جمله ارتباط سریع گیرنده‌ی ثابت و گیرنده‌ی متحرک بودند و با امکان تصحیح آنی، به کاربر امکان انجام مقادیر بیشتری از کار در زمان کمتری را می‌داد، نمونه‌هایی از سیستم‌های امروزی اندازه‌گیری، جمع‌آوری و نمایش اطلاعات قابل استفاده در عملیات نقشه‌برداری هستند.

در هیئت مشترک بررسی‌های باستان‌شناسی در پاسارگاد که از دو تیم ایرانی و فرانسوی تشکیل شده است، برای نخستین‌بار از پتانسیل بررسی‌های توپوگرافی در حل مسائل موجود در فعالیت‌های باستان‌شناسی بهره برده شد. همچنین در این هیئت از بررسی‌های توپوگرافی نه تنها برای تهیه‌ی نقشه‌ی دقیق توپوگرافی استفاده شد بلکه با انطباق این نقشه‌ها و نقشه‌های حاصل از بررسی‌های ژئوفیزیک، نتایج شایان توجهی به‌دست آمد.

وسعت منطقه حفاظت‌شده کنونی پاسارگاد ۱۶۰ هکتار



نقشه ٤: تفسیر آنومالی‌های مغناطیسی آشکار شده بر روی نقشه مغناطیسی، تهیه شده بین سال‌های ۱۳۹٤ تا ۱۳۹٦. قسمت‌های قرمز رنگ، ساختارهای مسکونی در جنوب تل تخت هستند.



نقشه ٥: مناطق مسکونی کشف شده در اطراف تل تخت و حصار شمالی محوطه

است ولی به‌احتمال زیاد پاسارگاد بسیار بیشتر از این وسعت داشته‌است. بسیاری از بقایای معماری پاسارگاد (جز محوطه مقدس که در یک کیلومتری شمال غرب محوطه واقع شده‌است) در این محدوده ۱۶۰ هکتاری قرار دارد.

با همکاری تیم‌های بررسی ژئوفیزیک، عکاسی هوایی و بررسی توپوگرافی در هیئت مشترک بررسی‌های باستان‌شناسی پاسارگاد و کنار هم قرار دادن تصاویر و نقشه‌های حاصل از فعالیت‌های این تیم‌ها، به بسیاری از سؤالات مطروحه در ارتباط با فضاهای خالی بین ساختارهای موجود در محوطه‌ی پاسارگاد پاسخ داده شد. این بررسی‌ها سبب آشکارسازی سازه‌ها و ساختارهایی بین فضاهای خالی میان ساختارهای موجود در محوطه، کانال‌ها، حصار و گورهای بسیاری شد که تاکنون مشاهده و ثبت نشده بود؛ به‌عنوان نمونه می‌توان از ساختار پشت زندان سلیمان، منطقه ساخته‌شده‌ای در جنوب شرقی باغ سلطنتی و آبگیر در جنوب شرقی باغ سلطنتی نام برد. همچنین با این بررسی‌ها مکان دو استقرارگاه انسانی در محوطه‌ی پاسارگاد مشخص شد.

متأسفانه همچنان از امکانات و توانایی‌های بررسی‌های توپوگرافی و قابلیت‌های تجهیزات و دستگاه‌های مدرن و پیشرفته در محوطه‌های باستانی کشورمان بسیار محدود استفاده می‌شود و ما در این پژوهش سعی کرده‌ایم که ظرفیت‌های بررسی‌های توپوگرافی را بیان کنیم و کاربرد آن را در به نقشه درآوردن عوارض و بقایای معماری کم‌ارتفاع که اصولاً با چشم قابل تشخیص نیستند، نشان دهیم. همچنین با معرفی تجهیزات و دستگاه‌های مربوطه و بیان کاربرد این ابزار در باستان‌شناسی، با گوشه‌ای از این علم و تکنولوژی آشنا شویم.

امید است که روزی باستان‌شناسی و فعالیت‌های میدانی این دانش، در کشور ما همگام با علم روز دنیا حرکت کند تا بتوانیم نقاط تاریک پیشینه‌ی این مرز و بوم را بر همگان روشن کنیم.

منابع و مآخذ

۱. استروناخ، دیوید؛ ۱۳۷۹؛ پاسارگاد، خطیب‌شهیدی، انتشارات سازمان میراث فرهنگی کشور (پژوهشگاه)، چاپ اول، تهران.

۲. ام. اندرسون، ام. میخائیل، جیمز، ادوارد؛ ۱۳۸۷؛ نقشه‌برداری تئوری و عملی، جودکی و حسنلو، انتشارات دانشگاه زنجان.

۳. خاکبازان، ابوالفضل؛ ۱۳۹۲؛ فتوگرامتری کاربردی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران.

٤. ذوقیان، حسابی؛ عباس، حامد؛ ۱۳۹۳؛ عملیات نقشه‌برداری، نشر نوآور، تهران.

۵. رنجبر، محسن؛ ۱۳۹۱؛ تفسیر نقشه‌های توپوگرافی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، شهر ری.

٦. سامی، علی؛ ۱۳۳۰؛ پاسارگاد یا قدیمی‌ترین پایتخت کشور ایران، شیراز.

۷. شانئی، برنارد نوئل؛ ۲۰۰۳؛ هیئت باستان شناسی مشترک ایران – فرانسه به سرپرستی دکتر رمی بوشارلا.

۸. عبدی، کامیار؛ ۱۳۷٤؛ پایتخت‌های شاهنشاهی هخامنشی، در پایتخت‌های ایران به کوشش محمدیوسف کیانی، انتشارات سازمان میراث فرهنگی کشور، چاپ اول، تهران.

۹. علیتاجر، افشاری‌آزاد؛ سعید، سمیه؛ ۱۳۹۲؛ بررسی جایگاه مهندسی ژئوماتیک در کاربردهای میراث‌فرهنگی–باستان‌شناسی و معماری، نشریه پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، شماره ۵، دوره سوم، صص ۱۹۵–۱٦۹.

۱۰. قادری، نصرالله؛ ۱۳۸۷؛ آشنایی با سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS (و خودآموز استفاده از دستگاه GPS MAP 76S)، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران.

۱۱. قراگوزلو، کشمیری؛ علیرضا، زهرا؛ ۱۳۹۱، اصول و کاربردهای سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات مکانی، تضمین دانش، تهران.

۱۲. قهرودی تالی، بابایی فینی؛ منیژه، ام‌السلمه؛ ۱۳۹٤؛ درآمدی بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۱۳. مبانی اطلاعاتی GPS، ماهیت اطلاعات و طبقه‌بندی تجهیزات؛ ۱۳۹۲؛ شرکت کالوب، www.Caloob.com.
۱٤. محمدی، قراگوزلو، سیار کاوردی؛ نفیسه، علیرضا، میرکیوان؛۱۳۹۰؛ RTK روشی دقیق در تعیین موقعیت نسبی، نشریه نقشه‌برداری، شماره ۱۱۰، صص ۳٤-۲۸.
۱۵. مهدی‌نژاد، محمود؛ ۱۳۷۱؛ نقشه‌خوانی در جغرافیا به منظور کاربرد در طراحی پروژه‌های عمرانی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد.
۱٦. نعیمی، نجفی علمداری؛ مجید، مهدی؛ ۱۳۸۵؛ تهیه نقشه‌های توپوگرافی با استفاده از GPS، همایش ژئوماتیک 85، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران، صص۱۰-۱.
۱۷. نوبخت، شمس؛ ۱۳۸۷؛ نقشه‌برداری، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
18. Boucharlat, Benech, Rémy, Christophe, 2002, Organisation et aménagement de l’espace à Pasargades. Reconnaissance archéologique de surface, 1999-2001, Arta, 2002.001: 41p. [on line]. Available at: http://www.achemenet.com/ressources/enligne/arta/pdf/2002.001-loc.pdf
19. Earley-Spadoni, T., 2017, Spatial History, deep mapping and digital storytelling: archaeology’s future imagined through an engagement with the Digital Humanities, in Journal of Archaeological Science, P.p 95-102.
20. Gondet, Mohammadkhani, Sébastien, Kourosh, 2016, Recherches archéologiques à Pasargades (Iran): chronique d’un retour sur le terrain, ArchéOrient - Le Blog, 7 octobre 2016, [En ligne] http://archeorient.hypotheses.org/6643
21. Gonet, Mohammadkhani, FarjamiRad, Ibnoeirida, Zare Kordshouli, Karami, Laisney, S., K., M., N., F., H., D., 2016, Field Report on the 2015 Current Archaeological Works of the Joint Iran-French Project on Pasargadae and Its Territory, in Iranian Heritage, International Journal of Iranian Heritage, Published by Shahid Beheshti University, Faculty of Literature and Humanities, Vol. 1, No. 1, 61-87.
22. Hertzfeld, Ernest, 1929-30, Bericht über die Ausgrabungen von Pasargadae, Archaeologische Mitteilungen aus Iran.
23. Krupochkin, E.P, 2009, Methodological issues in the digital mapping of archaeological sites, in Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia, P.p 95-102.
24. Mekik, Arslanoglu, C., M., 2009, Investigation on accuracies of real time kinematic GPS for GIS application, Remote Sensing Journal ISSN 2072-4292.
25. Musson, Palmer, Campana, C., R., S., 2013, Flights into the Past. Aerial photography, photo interpretation and mapping for archaeology, Aerial Archaeological Research Group; ArchaeolLandscapes (ArcLand).
26. Whitley, T.G., 2017, Geospatial analysis as experimental archaeology, in Journal of Archaeological Science, P.p 103-114.
27. https://www.Google earth.com