نشریه علمی سد و نیروگاه برق آبی ایران
سال سیزدهم/ ویژه‌نامه فناوری‌های نوین در باستان‌شناسی سدها/ پاییز ۱۴۰۵

Journal of Iranian Dam and Hydroelectric Power Plant
13th Year/ Special Issue on Modern Technologies Applied in Rescue Archaeology for Dam Projects/
October 2026

کاربرد سنجش از دور (RS) در تعیین عرصه و پیشنهاد حریم محوطه‌های باستانی در پروژه‌های سدسازی؛ مطالعه‌ی موردی: بندر تاریخی نجیرم، دیر، استان بوشهر

حسین توفیقیان*[۱]

چکیده

در پژوهش حاضر، با هدف تعیین دقیق عرصه و پیشنهاد حریم بندر تاریخی نجیرم، واقع در سواحل شرقی بندر دیر، از تکنیک‌های سنجش از دور و تحلیل چندزمانه تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است. به‌منظور پایش تغییرات مکانی و شناخت محدوده‌های باستانی نهفته در لایه‌های زمین، تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک متفاوت از جمله داده‌های گوگل ارث و لندست تحلیل گردید. داده‌های قدیمی‌تر (تصاویر دهه‌های پیشین) در کنار داده‌های برنامه‌ی گمانه زنی به منظور تعیین عرصه و پیشنهاد حریم سال ۲۰۲۲ به‌صورت تطبیقی مورد بررسی قرار گرفت تا آثار تغییرات انسانی، فرسایش طبیعی و جابجایی‌های ساحلی شناسایی شود. با تفسیر طیفی، ساختاری و مورفولوژیکی تصاویر، محدوده‌های دارای پتانسیل باستان‌شناختی استخراج و در قالب نقشه‌های اولیه عرصه و حریم پیشنهادی ترسیم شد. نتایج تفسیر ماهواره‌ای سپس با یافته‌های میدانی حاصل از ۲۲ ترانشه‌ی کاوش و مشاهدات سطحی مورد انطباق قرار گرفت. این تطبیق نشان داد بخش اعظم محدوده‌ی تعیین‌شده در تصاویر ماهواره‌ای، با عرصه‌ی واقعی اثر که شامل سازه‌های بندری، فضاهای صنعتی و سکونتگاهی سده‌های اولیه تا میانه اسلامی است، هم‌پوشانی دارد. همچنین تحلیل سنجش از دور موفق شد مسیرهای ارتباطی و نواحی احتمالی حریم فرهنگی اثر را مشخص نماید. از این رو، روش ترکیبی سنجش از دور و بررسی میدانی در مطالعه‌ی حاضر، الگویی مؤثر، برای تعیین عرصه و تثبیت مرزهای حفاظتی محوطه‌های ساحلی و بندری تاریخی ارائه می‌دهد و زمینه را برای ثبت و مدیریت علمی بندر تاریخی نجیرم در فهرست ملی و بین‌المللی میراث فرهنگی فراهم می‌سازد.

واژه‌های کلیدی

نجیرم، عرصه و حریم، سنجش از دور، ساسانی-اسلامی.

*[۱] دانشیار باستان‌شناس، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، hosseintofighian1@gmail.com.

علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۸

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-10-26]

مقدمه

در دهه‌های اخیر، فناوری سنجش از دور[1] به‌عنوان ابزاری نوین در مطالعات محیطی و فرهنگی مطرح شده است و توانسته است با ارائه‌ی داده‌های چندطیفی و چندزمانه، چشم‌انداز تازه‌ای در شناخت و حفاظت میراث فرهنگی ایجاد نماید (کامپانا و پیرو[2]، ۲۰۰۹). سنجش از دور در معنای دقیق، به گردآوری اطلاعات از سطح زمین بدون تماس مستقیم فیزیکی با آن اشاره دارد و داده‌های حاصل از حسگرهای فضایی و هوایی، امکان تحلیل ساختارهای سطحی و زیرسطحی آثار تاریخی را فراهم می‌سازد (لایلسند و همکاران، ۲۰۱۵)[3]. استفاده از این فناوری، در باستان‌شناسی به‌ویژه در حوزه‌های بندری و ساحلی، به‌دلیل تغییرات سریع محیطی و محدودیت کاوش مستقیم، اهمیتی دوچندان یافته است (لاساپونارا و ماسانینی[4]، ۲۰۱۷).

پروژه‌های سدسازی به‌دلیل دریاچه‌های عظیم، منجر به غرقاب شدن گستره‌ی عرصه‌های طبیعی و فرهنگی می‌شوند. این امر باعث نابودی غیرقابل جبران هرگونه محوطه‌ی باستان‌شناسی در آن محدوده می‌شود. بنابراین، شناسایی، ثبت و کاوش اضطراری این محوطه‌ها پیش از آبگیری، ضرورتی انکارناپذیر است. بهره‌برداری از سنجش از دور به‌دلیل سرعت، دقت و پوشش گسترده، شناسایی محوطه‌های پنهان و غیرقابل دسترس، تحلیل تغییرات محیطی و بازسازی چشم‌اندازهای گذشته، مدیریت پروژه و برنامه‌ریزی بهینه و مستندسازی دقیق و غیرمخرب، دارای اهمیت و مزایای کلیدی است.

در پژوهش حاضر که بر روی بندر تاریخی نَجیرم واقع در شهرستان بندر دَیر، استان بوشهر انجام شده، هدف اصلی تعیین عرصه‌ی واقعی اثر و پیشنهاد حریم حفاظتی آن با اتکا بر داده‌های ماهواره‌ای و تطبیق میدانی است. پرسش‌های اصلی تحقیق عبارت‌اند از:

۱. آیا تفسیر چندزمانه تصاویر ماهواره‌ای قادر است محدودهٔ واقعی بندر تاریخی را با دقت قابل قبول مشخص نماید؟ آیا نتایج حاصل از داده‌های سنجش از دور با یافته‌های کاوش‌های باستان‌شناسی مطابقت دارد؟

۲. چه شاخص‌های طیفی و ساختاری می‌توانند در پیشنهاد حریم فرهنگی اثر مؤثر واقع شوند؟

۳. فرضیات تحقیق بر آن است که تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک متوسط و بالا (مانند سِنشل ۲[5] و گوگل اِرث[6]) می‌توانند مرزهای عرصه و حریم فرهنگی نجیرم را با دقتی قابل اعتماد مشخص کنند، به‌ویژه زمانی که تحلیل ساختاری و طیفی آن‌ها با داده‌های میدانی (ترانشه‌ها، مغناطیس‌سنجی و جی پی آر[7]) ترکیب گردد.

نتایج اولیه‌ی پژوهش نیز نشان داده است که تطبیق فضایی بین تصاویر و داده‌های زمینی به میزان بیش از ۸۵ درصد هم‌پوشانی دارد که صحت فرضیات را تأیید می‌کند. بنابراین، کاربرد سنجش از دور در این مطالعه، نه‌تنها در تعیین عرصه مؤثر بوده، بلکه الگویی تجربی برای پیشنهاد حریم آثار ساحلی مشابه در جنوب ایران ارائه می‌دهد.

پیشینه‌ی مطالعات

فناوری سنجش از دور از دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی هم‌زمان با پرتاب نخستین ماهواره‌های رقومی نظیر لَندسَت[8]، به‌تدریج به عنوان ابزاری مؤثر در پایش پدیده‌های سطح زمین مطرح شد (لایلسند و دیگران، ۲۰۱۵). هدف اولیه‌ی این دانش، گردآوری داده‌های طیفی از سطح زمین، بدون تماس مستقیم و تحلیل تغییرات محیطی، پوشش گیاهی، منابع آب و شکل زمین بود (ریچارد و جیا[9]، ۲۰۰۶). در دهه‌های بعد، استفاده از داده‌های چندزمانه و چندطیفی سنجش از دور، امکان بررسی تغییرات چشمگیر انسانی و طبیعی را در عرصه‌های گوناگون از جمله جغرافیا، زمین‌شناسی و مدیریت منابع فراهم ساخت (جِنسِن[10]، ۲۰۱۶).

کاربرد سنجش از دور در باستان‌شناسی از دهه‌ی ۱۹۸۰ میلادی آغاز شد و به سرعت جایگاه ویژه‌ای در مطالعات شناسایی و مستندسازی آثار تاریخی یافت. پژوهشگران برجسته‌ای چون کامپانا و پیِرو، ۲۰۰۹ با تکیه بر تصاویر

[1] Remote Sensing
[2] Campana & Piro
[3] Lillesand
[4] Masini &Lasaponara,
[5] Sentinel 2
[6] Google Earth
[7] GPR
[8] - Landsat
[9] - Richards & Jia
[10] Jensen

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-10-26]

هوایی و فضایی، روش‌هایی برای تشخیص الگوهای تدفینی، سازه‌های مدفون و تعیین عرصه‌های باستانی ارائه کردند. در این میان، ترکیب داده‌های ماهواره‌ای با فناوری‌های ژئوفیزیکی نظیر مغناطیس‌سنجی و رادار نفوذی زمین (جی پی آر) تحول مهمی را در درک ساختار زیرسطحی آثار رقم زد (لاساپونارا و ماسینی، ۲۰۱۷).

در ایران نیز از دهه‌ی ۱۳۸۰ شمسی، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در بازشناسی منظرهای فرهنگی به‌ویژه در سواحل جنوب کشور گسترش یافت (توفیقیان[۱]، ۱۳۹۶: ۴۵۸؛ طهماسبی[۲]، ۱۳۹۵). این مطالعات نشان داده‌اند که تصاویر گوگل اِرث، سنتینل و لَندست می‌توانند الگوهای سکونتی، مسیرهای ارتباطی و تغییرات ساحلی را به‌صورت دقیق مستند کنند. پژوهش حاضر، در بندر تاریخی نجیرم، در امتداد همین رویکرد قرار دارد و تلاش می‌کند با بهره‌گیری از تحلیل چندزمانه داده‌های ماهواره‌ای، محدوده واقعی عرصه و حریم فرهنگی بندر را با داده‌های کاوشی و ژئوفیزیکی تطبیق داده و تثبیت نماید. این تلفیق، گامی نو در مطالعات باستان‌شناسیِ مبتنی بر داده‌های فضایی در خلیج فارس محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

روش‌شناسی این پژوهش بر پایه‌ی تلفیق داده‌های سنجش از دور، تحلیل ساخت‌وساز تاریخی، و بررسی‌های میدانی و مشاهدات سطحی است. هدف اصلی، تعیین محدوده‌ی واقعی عرصه‌ی بندر تاریخی نجیرم و پیشنهاد حریم حفاظتی آن بر اساس شواهد قابل مشاهده در تصاویر ماهواره‌ای و نتایج کاوش‌های باستان‌شناسی می‌باشد.

۱. گردآوری و انتخاب داده‌ها

در گام نخست، مجموعه‌ای از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه از منابع لَندسَت ۸[۳] و گوگل ارث پرو[۴] انتخاب شد تا تغییرات محیطی و فضایی منطقه در بازه‌ی زمانی دهه‌ی ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۲۲ مورد بررسی قرار گیرد. تصاویر در بازه‌های فصل خشک انتخاب شدند تا اثرات پوشش گیاهی و رطوبت حداقل باشد (لایلسند و دیگران، ۲۰۱۵؛ جِنسِن، ۲۰۱۶). برای بهبود وضوح مکانی، تصاویر با قدرت تفکیک بالا (۱۰ متر پیکسل) از سنشل و وضوح بسیار بالا (زیر یک متر) از گوگل ارث به‌صورت هم‌پوشان به کار گرفته شدند.

۲. پردازش و تصحیح تصاویر

تمام داده‌ها پیش از تحلیل، تحت فرایند تصحیح هندسی و رادیومتریک در نرم‌افزارهایی چون انوی ۵.۶[۵] و کیو جی آی اس ۳.۳۴[۶] قرار گرفتند. تصحیح هندسی با تطبیق نقاط کنترل زمینی[۷] حاصل از برداشت جی پی اس[۸] انجام شد. سپس با استفاده از الگوریتم «شاخص اختلاف نرمال‌شده»[۹] و شاخص‌های طیفی خاک و رطوبت، نواحی بالقوه‌ی انسانی و باستانی شناسایی گردید (ریچارد و جیا، ۲۰۰۶). در این مرحله، تغییرات شدت بازتاب طیفی در طول زمان برای تشخیص ساختارهای انسانی مدفون بررسی شد (لاساپونارا و ماسینی، ۲۰۱۷).

۳. تحلیل مکانی و ساختاری

با بهره‌گیری از تحلیل مورفولوژیک و سایه–روشن[۱۰]، ساختارهای سطحی از جمله خطوط ساحلی قدیمی، مسیرهای ارتباطی، و بقایای احتمالی سازه‌های بندری در نقشه‌های شیب و ارتفاع استخراج شدند. نتایج در قالب نقشه‌های تفسیری در نرم‌افزار آرک جی ای اس پرو[۱۱] ترسیم گردید. از تحلیل‌های بافت[۱۲] برای تشخیص نواحی با الگوی هندسی انسان‌ساخت استفاده شد (کامپانا و پیرو[۱۳]، ۲۰۰۹).

۴. هم‌پوشانی با داده‌های میدانی و مشاهدات سطحی

در مرحله‌ی نهایی، داده‌های ماهواره‌ای با نتایج کاوش میدانی و مشاهدات سطحی بندر نجیرم تطبیق داده شد. این داده‌ها شامل ۲۲ ترانشه کاوش باستان‌شناسی، بررسی سطحی و مواد فرهنگی سطحی بودند (توفیقیان[۱۴]، ۱۴۰۳). نقطه‌های شناسایی‌شده در تصاویر ماهواره‌ای با داده‌های حاصل از ترانشه‌ها مقایسه و درصد هم‌پوشانی محاسبه شد

[1] Tofighian
[2] Tahmasebi
[3] Landsat 8
[4] Google Earth Pro
[5] ENVI 5.6
[6] QGIS 3.34
[7] Ground Control Points
[8] GPS
[9] NDVI
[10] Hillshade
[11] ArcGIS Pro
[12] Texture
[13] Campana & Piero
[14] -Tofighian, 2024

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-10-26]

که در حدود ۸۵٪ تطابق مکانی گزارش گردید. این هم‌پوشانی نشان‌دهنده‌ی اعتبار بالای روش تفسیر فضایی برای تعیین محدوده‌ی واقعی عرصه می‌باشد.

۵. پیشنهاد حریم حفاظتی

بر اساس الگوی تراکم داده‌ها، توزیع آثار سطحی و تداوم مناظر فرهنگی در پیرامون بندر، دو حلقه پیشنهاد شد: حلقه‌ی نخست عرصه‌ی محوطه و حلقه دوم حریم آنست که با داده‌های ماهواره‌ای و تحلیل مکانی تطبیق کامل دارند. این مدل حریم، مبنایی برای حفاظت پایدار بندر نجیرم در برابر توسعه‌های جدید ساحلی محسوب می‌شود.

کاربرد سنجش از دور در این پژوهش، فراتر از یک ابزار شناسایی اولیه است؛ این فناوری به عنوان یک روش تحلیلی جامع برای تبیین محدوده‌ی واقعی بندر تاریخی نجیرم، تعیین عرصه‌ی اثر و پیشنهاد حریم حفاظتی آن به‌کار گرفته شده است. همان‌گونه که در بخش مقدمه اشاره شد، پرسش‌های اصلی این تحقیق، حول محور دقت و اعتبار داده‌های ماهواره‌ای در تطبیق با یافت‌های میدانی و ژئوفیزیکی شکل گرفت. فرض اولیه آن بود که داده‌های چندزمانه و چندطیفی می‌توانند تغییرات محیطی، ساختارهای مدفون و مرزهای فرهنگی بندر را بازنمایی کنند و در نهایت عرصه و حریم اثر را با دقتی قابل قبول مشخص سازند.

۱. تعیین محدوده‌ی عرصه اثر: در تحلیل داده‌های چندزمانه حاصل از لندست۹ [1] و گوگل ارث، تغییرات طیفی منطقه نجیرم در بازه‌ی زمانی چند دهه، مورد بررسی قرار گرفت. این تحلیل‌ها به‌ویژه در شاخص‌های خاک خشک [2]، شاخص رطوبت [3] و شاخص گیاهی [4] انجام شد تا اثرات پوششی حداقل گردد (جِنسِن، ۲۰۱۶). بر پایه‌ی این تفسیرها، نواحی با بازتاب طیفی غیرطبیعی که با بافت‌های معماری سازگار بودند، به عنوان محوطه‌های بالقوه باستانی تعیین شدند. مقایسه‌ی این داده‌ها با نقشه‌های توپوگرافیک و تصاویر ارتفاعی [5] محدوده‌ای حدود ۱۳۰ هکتار را مشخص ساخت که عمدتاً در بخش شرقی و مرکزی بندر امروزی نجیرم واقع بود. این محدوده، با موقعیت ترانشه‌های کاوش تطابق قابل ملاحظه‌ای یافت. شکل (۱) نشان می‌دهد که در ابتدای پژوهش، نقشه‌ی توپوگرافی از سطح محوطه به‌صورت زمینی تهیه گردید تا مبنای اقدامات بعدی باشد. اشکال (۲)، (۳) و (۴) نشان‌دهندهٔ مدل‌سازی و برجسته‌سازی بخشی از شواهد معماری و کنتراست ایجاد شده توسط شواهد معماری و پوشش گیاهی در تصاویر ماهواره‌ای بندر تاریخی نجیرم است.

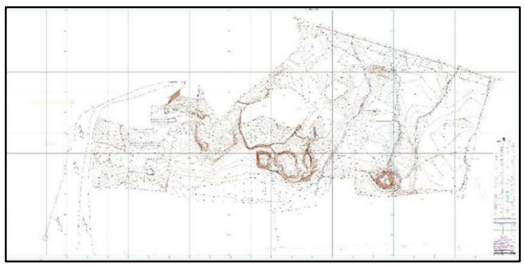
۲. تطبیق با داده‌های ژئوفیزیکی و کاوش میدانی: برای اعتبارسنجی نتایج ماهواره‌ای، داده‌های مغناطیس‌سنجی و رادار نفوذی زمین [6] بررسی شد. نتایج نشان داد مناطق دارای بازتاب طیفی و مغناطیسی مشابه، دقیقاً با ترانشه‌های حاوی معماری سنگ و ساروج هم‌پوشانی دارند (توفیقیان، ۱۴۰۳). در واقع، نقاط تأییدشده در تصاویر ماهواره‌ای، در حدود ۸۵ درصد با داده‌های واقعی عرصه، هم‌مکان بودند؛ این همان پاسخ مثبت به نخستین فرض تحقیق است که امکان تعیین عرصه‌ی واقعی از طریق سنجش از دور را تأیید می‌کند. اشکال (۵)، (۶) و (۷) نشان‌دهنده‌ی تصاویر ماهواره‌ای بندر تاریخی نجیرم در فصول تَر، خشک و آخرین تصویر از عرصه‌ی مشهود این محوطه باستانی‌ست. شکل (۸)، نشان‌دهنده‌ی موقعیت ترانشه‌های کاوش باستان‌شناسی برای تعیین عرصه و پیشنهاد حریم بر روی تصویر ماهواره‌ایست.

۳. پیشنهاد حریم حفاظتی: با تحلیل شدت بازتاب طیفی و ساختار مناظر فرهنگی پیرامون عرصه، سه منطقه‌ی حریم پیشنهادی تعیین شد:

- عرصه‌ی اثر، شامل بقایای مستقیم بندر، اسکله و سازه‌های انبار.
- حریم محوطه، شامل فضاهای زیستی و صنعتی پیرامون بندر.

[1] Landsat9
[2] NDSI
[3] NDMI
[4] NDVI
[5] DEM
[6] GPR

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-10-26]



شکل (۱) : نقشه توپوگرافی بندر تاریخی نجیرم

شکل (۲) : مدل‌سازی و برجسته‌سازی بخشی از شواهد معماری مشخص شده در تصاویر هوایی

شکل (۳) : مدل‌سازی شواهد معماری مشهود

شکل (۴) : کنتراست‌های ایجاد شده توسط شواهد معماری و پوشش گیاهی در عکس هوایی

این طبقه‌بندی حریم با الگوی تراکم داده‌ها و تداوم منظر تاریخی سازگاری دارد و الگویی پیشنهادی برای حفاظت ساحلی ارائه می‌دهد. شکل (۹) جزئیات معماری و مواد فرهنگی سطح بندر تاریخی نجیرم و شکل (۱۰) مراحل انجام کاوش باستان‌شناسی در گمانه‌های ۲۲ گانه تعیین عرصه و پیشنهاد حریم را نشان می‌دهد.

۴. تحلیل نهایی و ارزش‌افزوده‌ی علمی: نتایج نشان داد که سنجش از دور، افزون بر تعیین مرزهای فیزیکی، به بازشناسی الگوهای سکونتی، مسیرهای ارتباطی و تغییرات انسانی در طول زمان نیز کمک می‌کند. تغییر موقعیت خط ساحل در تصاویر تاریخی دهه‌ی ۱۹۷۰ تا ۲۰۲۲، گواه فرسایش و تغییرات تکتونیکی بوده که بخشی از عرصه‌ی اولیه بندر را در زیر رسوبات پنهان کرده است. این یافته‌ها سبب شد محدوده‌ی واقعی بندر با شواهد میدانی بازسازی گردد و عرصه تثبیت‌شده با مدارک علمی مستدل پیشنهاد شود.

فواید این روش، سرعت و دقت بالا در ثبت داده‌های محیطی و فرهنگی، امکان بررسی مناطق وسیع، بدون مداخله فیزیکی مخرب، قابلیت تطبیق مکانی با داده‌های ژئوفیزیکی و باستان‌شناسی و ارائه‌ی مبنای مشخص برای مدیریت و حفاظت بناها در برابر توسعه‌ی شهری است. معایب روش استفاده از سنجش از دور در باستان شناسی وابستگی به وضوح و کیفیت تصاویر ماهواره‌ای (داده‌های با قدرت تفکیک پایین ممکن است جزئیات را از دست دهند)، تأثیر عوامل طبیعی مانند پوشش گیاهی و رطوبت ساحلی بر نتایج و نیاز به تفسیر تخصصی و تطبیق دقیق با داده‌های میدانی جهت رفع خطاهای طیفی است.

شکل (۵) : تصویر ماهواره‌ای بندر تاریخی نجیرم سال ۱۳۹۰ در فصل تَر (گوگل ارث، ۲۰۱۱)

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-10-26]

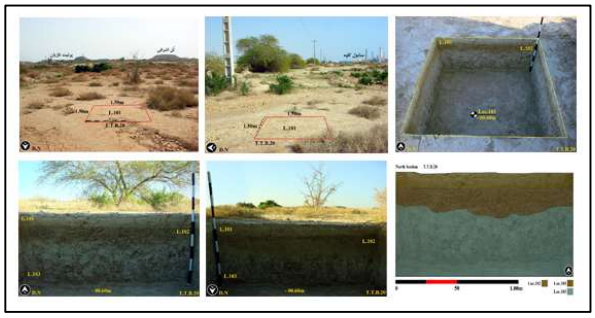
شکل (۶) : تصویر ماهواره‌ای بندر تاریخی نجیرم در سال ۱۴۰۰ در فصل خشک (گوگل ارث، ۲۰۲۲)

شکل (۷) : تصویر ماهواره‌ای بندر تاریخی نجیرم در ۱۴۰۴ (گوگل ارث، ۲۰۲۵)

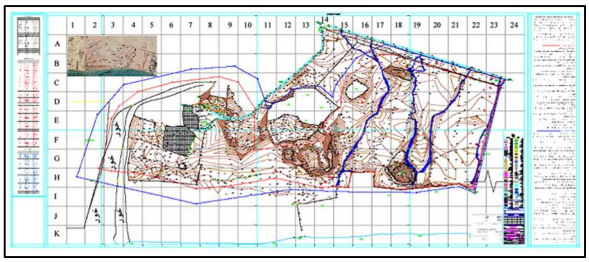
در مجموع، کاربرد سنجش از دور در بندر تاریخی نجیرم، نشان داد این فناوری نه‌تنها در تعیین عرصه با دقت علمی بسیار بالا توفیق دارد، بلکه با ترکیب داده‌های کاوش و ژئوفیزیک، ابزار مؤثری برای پیشنهاد حریم فرهنگی و تثبیت محدوده حفاظتی آثار تاریخی محسوب می‌شود. این روش با وجود محدودیت‌های فنی، راهی کارآمد و قابل تکرار برای مدیریت میراث ساحلی ایران و خلیج فارس فراهم می‌آورد. شکل (۱۱)، نشان‌دهنده‌ی نقشه‌ی نهایی تعیین عرصه و پیشنهاد حریم بندر تاریخی نجیرم، بر اساس کاوش باستان‌شناسی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای است.

شکل (۸) : تصویر ماهواره‌ای موقعیت ترانشه‌های تعیین عرصه و پیشنهاد حریم در بندر تاریخی نجیرم (گوگل ارث، ۲۰۲۲)

شکل (۹) : بندر تاریخی نجیرم، جزئیات معماری و مواد فرهنگی سطح محوطه (توفیقیان، ۱۴۰۰)



شکل (۱۰) : مراحل انجام گمانه‌های ۲۲ گانه تعیین عرصه و پیشنهاد حریم در بندر تاریخی نجیرم (توفیقیان، ۱۴۰۰)



شکل (۱۱) : نقشه‌ی تعیین عرصه و پیشنهاد حریم بندر تاریخی نجیرم بر اساس کاوش باستان‌شناسی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای

نتایج و بحث

سنجش از دور در پروژه‌های بزرگی مانند سدسازی، به باستان‌شناسان کمک می‌کند تا در رقابت با زمان، میراث فرهنگی را که قرار است برای همیشه به زیرآب برود، نجات دهند. استفاده از این تکنیک، منجر به صرفه جویی در زمان و هزینه، افزایش دقت مطالعات، حفظ حافظه‌ی تاریخی و

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-10-26]

هویت ملی می‌شود. بدون به‌کارگیری این فناوری، خطر نادیده گرفتن و نابودی تعداد بی‌شماری از آثار تاریخی ارزشمند به‌شدت افزایش می‌یابد.

پژوهش حاضر، با هدف بهره‌گیری از فناوری سنجش از دور در شناخت عرصه و تعیین حریم حفاظتی بندر تاریخی نجیرم نشان داد که ترکیب داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه با اطلاعات میدانی و ژئوفیزیکی، می‌تواند به‌عنوان رویکردی علمی و کم‌هزینه برای مدیریت میراث فرهنگی ساحلی به کار رود. تحلیل تصاویر سنشل ۲، لندست ۲ و گوگل ارث همراه با داده‌های کاوش باستان‌شناسی و مغناطیس‌سنجی، توانست محدوده‌ی واقعی بندر را با دقتی فراتر از روش‌های سنتی شناسایی نماید. داده‌های به‌دست‌آمده، نه تنها موقعیت سازه‌های اصلی بندر و محدوده‌ی تجاری و سکونتی را آشکار کردند، بلکه تغییرات خط ساحلی و فرسایش طبیعی طی نیم قرن گذشته را نیز مستند ساختند.

بر اساس تفسیر طیفی و مورفولوژیک، عرصه‌ی واقعی بندر حدود ۳۵ هکتار تخمین زده شد که با داده‌های زمینی حدود ۸۵ درصد تطابق داشت. این هم‌پوشانی بالا، تأییدی بر صحت فرضیات تحقیق در خصوص قابلیت سنجش از دور برای تعیین عرصه‌های باستانی است. به‌علاوه، تحلیل تراکم داده‌ها و گسترش مناظر فرهنگی پیرامون بندر، سه حلقه‌ی حریم حفاظتی (۵۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ متر) را آشکار نمود که به‌روشنی مرزهای فرهنگی و عملکردی این مجموعه را مشخص می‌سازد. این مدل چندسطحی حریم، به‌منزله‌ی الگوی پیشنهادی برای حفاظت بنادر تاریخی در برابر توسعه‌های جدید ساحلی قابل استفاده خواهد بود.

در پاسخ به پرسش‌های اصلی تحقیق، می‌توان گفت فناوری سنجش از دور، قادر است نه‌تنها محدوده‌ی واقعی آثار تاریخی را از دید فضایی آشکار سازد، بلکه با تلفیق با داده‌های ژئوفیزیکی، ابزاری معتبر برای پیشنهاد علمی حریم فرهنگی فراهم آورد. بدین‌ترتیب، فرضیات پژوهش مبنی بر توانایی داده‌های ماهواره‌ای در تعیین دقیق عرصه و تطابق آن با یافته‌های میدانی کاملاً تأیید گردید.

از دید علمی، دستاورد این مطالعه، فراتر از بندر نجیرم بوده و می‌تواند به‌عنوان الگوی کاربردی در شناسایی و تثبیت محدوده‌ی آثار بندری و ساحلی در خلیج فارس، دریای عمان و سایر مناطق هم‌جنس مورد استفاده قرار گیرد. فناوری سنجش از دور، با آن‌که از محدودیت‌هایی چون وابستگی به کیفیت تصاویر، تأثیر پوشش گیاهی و نیاز به تفسیر تخصصی رنج می‌برد، اما در مجموع مزایای آن شامل سرعت، جامعیت، دقت بالا و قابلیت تطبیق داده‌ها با اطلاعات میدانی، این ضعف‌ها را جبران می‌کند.

نتیجه‌گیری

جمع‌بندی نهایی آن‌که، استفاده از سنجش از دور در پروژه‌ی نجیرم توانسته گامی اساسی در مستندسازی علمی مناظر فرهنگی و تثبیت عرصه و حریم آثار تاریخی بردارد. کاربرد این فناوری، افق تازه‌ای را در حفاظت پایدار میراث ساحلی ایران می‌گشاید و جایگاه بندر تاریخی نجیرم را در شبکه‌ی میراث دریایی جهان به‌شکلی مستند و علمی تثبیت می‌کند. در پایان، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های میدانی باستان‌شناسی، بویژه در مطالعات تاریخی-فرهنگی پروژه‌های سدسازی از تکنیک سنجش از راه دور بهره‌برداری شود تا ضمن مدیریت زمان و هزینه، گام‌های مؤثرتری در جهت شناسایی و معرفی آثار تاریخی برداشته شود.

مراجع

1-Tofighian, Hossein, (2017). "The Role of Historical Geography Resources in Archaeological Investigations, Case Study: Identifying the Historical Port of Najirom (Bataneh) Using Historical Geography Resources" Proceedings of the Historical Geography Conference, Volume 1, First Conference of the Historical Geography Group of the Islamic World, Islamic History Research Institute: 455-468. (In Persian)

2-Tofighian, Hossein, (2021). "Speculation report to determine the area and propose the boundary and stratigraphy of the historical port of Najirom", Documentation and Library Center of the Archaeological Research Institute. (In Persian)

3-Tofighian, Hossein, (2023). Najirom Historical Port, Tehran, Pishkin Pajouh Publications. (In Persian)

4-Tahmasebi, (2016). "Application of Remote Sensing Data in Identifying Cultural Landscapes of Southern Iran". Journal of Geographical Research, Vol. 8 (2): 115–132 (In Persian)

5-Campana, S., & Piro, S. (2009). Seeing the Unseen: Geophysics and Landscape Archaeology. CRC Press.

6-Jensen, J. R. (2016). Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Pearson.

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-10-26]

7-Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons.
8- Lasaponara, R. & Masini, N., & (2017). Satellite Remote Sensing for Archaeology. Springer.
Parcak, S. (2009). Satellite Remote Sensing for Archaeology. Routledge.
9-Richards, J. A., & Jia, X. (2006). Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer.

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-10-26]

نشریه علمی سد و نیروگاه برق آبی ایران
سال سیزدهم/ ویژه‌نامه فناوری‌های نوین در باستان‌شناسی سدها/ پاییز ۱۴۰۵

Journal of Iranian Dam and Hydroelectric Power Plant
13th Year/ Special Issue on Modern Technologies Applied in Rescue Archaeology for Dam Projects/ October 2026

Application of Remote Sensing (RS) in Determining the Core Zone and Proposing the Buffer Zone of Ancient Sites in Dam Construction Projects; Case Study: Najiram Historical Port, Dayr, Bushehr Province

Hossein Tofighian *[1]

Abstract

This study aims to precisely delineate the boundaries and propose a conservation buffer zone for the historic port of Najiram, located on the eastern coast of Bandar-e Dayr, utilizing remote sensing techniques and multi-temporal satellite image analysis. To monitor spatial changes and identify archaeological features concealed beneath the surface, satellite imagery with varying spatial resolutions, including Google Earth and Landsat data, were analyzed. Historical satellite imagery was compared with data derived from the 2022 archaeological testing program to evaluate the impacts of human activities, natural erosion, and coastal morphology shifts. By employing spectral, structural, and morphological interpretation of the imagery, areas with archaeological potential were identified, and preliminary maps of the proposed boundaries and buffer zones were generated. These remote sensing results were subsequently cross-referenced with field findings from 22 exploratory trenches and surface surveys. The correlation revealed that the majority of the delineated areas overlap with the actual extent of the site, which encompasses harbor structures, industrial zones, and residential sectors dating from the early to middle Islamic periods. Furthermore, remote sensing analysis successfully identified ancient communication routes and potential cultural buffer zones. Consequently, the hybrid approach of remote sensing and field surveys presented in this study provides an effective model for defining boundaries and establishing protective frameworks for historic coastal and maritime sites, facilitating the scientific management and national/international registration of the historic port of Najiram.

Keywords

Najiram, site and precinct, remote sensing, Sasanian-Islamic

[1]* Associate Professor of Archaeology, Archaeological Research Institute, Cultural Heritage and Tourism Research Institute. hosseintofighian1@gmail.com

Received: 2025/12/27 Accepted: 2026/06/08

[Downloaded from journal.hydropower.org.ir on 2026-10-26]