پایش تغییرهای تراز آبی در دریاچهٔ هامون، مبتنی بر تحلیل سری زمانی تصاویر سنجش از دوری

محمد شریفی‌کیا*

استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: ۲۳/ ۱۲/ ۸۸ پذیرش: ۱۶/ ۱/ ۸۹

چکیده

هامون، مهم‌ترین پهنهٔ آبی داخلی ایران، در ناحیهٔ بیابانی سیستان جای دارد و زیرساخت مناسبی را برای آن فراهم آورده است. در سیستان، حیات وابسته به هامون است و اهمیت این دریا در تمام ساختارهای زندگی مردم منطقه مشهود است. به‌علت اهمیت فراوان هامون، مسائل و نارسایی‌های آن نیز مهم است و توجهی دوچندان را طلب می‌کند. حفظ عرصه‌های آبی هامون و پایش دگرگونی‌های آن، ازجمله این الزام‌ها است. این تحقیق با هدف پایش تغییرهای تراز آبی در هامون، ازطریق تحلیل سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای و پی‌جویی علل و عوامل ایجابی آن انجام شده است. بدین منظور، سری زمانی تصاویری را که دارای مشابهت زمانی‌اند، از سنجنده‌های MSS, TM & ETM+ ماهوارهٔ Landsat، در یک دورهٔ سی ساله، با هدف آشکارسازی تغییرهای تراز آبی پردازش کردیم؛ سپس با استفاده از عملیات پیمایشی مبتنی بر جمع‌آوری نقاط کنترل زمین (GCP) از بستر خشکیدهٔ دریاچه، اندازه‌گیری مستحدثات درون دریاچه و جمع‌آوری دیگر داده‌های میدانی؛ و به‌منظور تعیین مقدار تغییر در تراز آبی و تعیین علت‌های شکل‌گیری آن، یافته‌ها را بازپردازش و تحلیل کردیم. نتایج به‌دست آمده از این بررسی‌ها، تغییر در عرصه‌های آبی هامون را- که به زیان بخش ایرانی (هامون صابری) و به نفع بخش افغانی (هامون پوزک) است- تأیید می‌کند. مقایسهٔ عرصه‌های آب‌گیری‌شدهٔ هامون در دو مقطع زمانی ۱۳۵۵ و ۱۳۸۴ با ارتفاع آبی برابر، و بهره‌گیری از قانون ظروف مرتبط، مؤید کاهش مساحت دریاچه به ۳۵۷ کیلومتر مربع (۱۰.۶٪-) است. توزیع فضایی این کاهش، یکسان نبوده و

* نویسندهٔ مسئول مقاله: Email: SharifiKia@yahoo.com

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

در بخش ایرانی آن (هامون هیرمند)، ۷۷۷ کیلومتر مربع از عرصهٔ آبی کاسته شده است؛ در حالی‌که عرصهٔ جدیدی به مساحت ۴۹۲ کیلومتر از بخش‌های غیرآب‌گیر هامون پوزک در افغانستان، آب‌گیر شده است. پویش علل و عوامل شکل‌گیری این رویداد، تغییر در بستر هامون ازطریق افزایش ارتفاع را تأیید می‌کند که حاصل از انباشت رسوب‌های بادی به‌واسطهٔ احداث موانع در مسیر حرکت طوفان‌های شن است. این موانع با هدف‌های عمرانی (جاده و دیوار ساحلی) احداث شده‌اند؛ اما بی‌توجهی به مسائل زیست‌محیطی در احداث آن، تبعاتی مانند جلوگیری از حرکت طوفان‌های شن و انباشت آن در بخش‌های جنوبی هامون را به دنبال داشته است.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای، تراز آبی، هامون، سیستان، زابل.

۱- مقدمه

آب، این مایع حیات‌بخش، در نواحی خشک ازرش و اعتباری دوچندان دارد؛ به‌طوری که در برخی نواحی ایران، یگانه عامل دوام استقرار جمعیت، دسترسی به میزان مناسبی از آب است. منطقهٔ باسابقه و توانای سیستان ازجمله این نواحی است که دارایی گذشته و توشهٔ آینده‌اش تنها به آب دریافتی از رودخانهٔ هیرمند و امکان ذخیره‌سازی آن در دریاچهٔ هامون وابسته است. تجربهٔ تلخ خشکیدن طولانی‌مدت این منابع آبی در سال‌های ۱۳۷۹ - ۱۳۸۰ و تعدیل مکرر آن در سال‌های دههٔ اخیر، هشداری است جدی برای توجه افرون‌تر به رفتارهای آب‌شناختی[1] رودخانهٔ هیرمند و دریاچهٔ هامون، کم‌توجهی به این موضوع مهم ممکن است جبران‌ناپذیر باشد و ناحیه‌ای با پیشینهٔ تحسین‌برانگیز و جایگاه انکارناپذیر در نظام اقتصادی– اجتماعی و سیاسی آینده، را به کام بحران فروکشد. از آنجا که آب دریاچهٔ هامون و رودخانهٔ هیرمند، عامل بقا و حیات در ناحیهٔ سیستان به‌شمار می‌آید، هرگونه تغییر در این منبع حیاتی، مهم است و می‌تواند بر وضع زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و حتی امنیتی ناحیه اثرهای زیادی بر جای گذارد. تغییر در تراز آبی دریاچه، ازجمله مواردی است که می‌تواند به ازدست دادن پهنه‌های آبی دریاچه و سرانجام، ایجاد بحران زیست‌محیطی در سطح کوچک محلی (مساحت آب‌گیری‌نشدهٔ دریاچه) و همچنین سطح کلان ناحیه‌ای (تأثیر بر وضع زیست و فعالیت)

1. Hydrologic

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

بینجامد. چنین رویدادی به‌معنای ازدست دادن عرصه‌های آب در یک بخش و افزایش آب و عرصهٔ آبی در بخش دیگر است و می‌تواند منشأ بسیاری از دگرگونی‌های زیست‌محیطی در اکوسیستم شکنندهٔ ناحیه شود و خطرهای فراوانی را به دنبال داشته باشد.

اهمیت منابع آبی در این ناحیه؛ به پژوهش و مطالعه دربارهٔ دگرگونی‌های آب‌شناختی و آب‌ریخت‌شناختی[1] اعتبار و ضرورتی دوچندان بخشیده است. امروزه، فناوری‌های جدید دریچه‌های نوینی از پژوهش را به روی این عامل حیات در ناحیه گشوده و زیرساخت مناسبی را برای برخی پژوهش‌ها در اوضاع خاص اعتباری موجود، فراهم آورده است. برپایهٔ چنین اهمیت و قابلیتی، بررسی تغییرهای تراز و عرصهٔ آبی در دریاچهٔ هامون و تبیین علت‌های شکل‌دهی آن، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر به‌شمار می‌آید. بی‌توجهی به این مسئله ممکن است منشأ زیان‌ها و دگرگونی‌های نامناسبی در ناحیه شود و اکوسیستم بسیار شکننده و آسیب‌پذیر آن را به‌سمت ناپایداری افزون‌تر سوق دهد

پژوهش حاضر مبتنی بر چنین دیدگاهی و با هدف پایش[2] و اندازه‌گیری تغییرهای تراز آبی در دریاچهٔ هامون ازطریق سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای و پیمایش‌های میدانی انجام شده و هدف از آن، معرفی اثرها و خطرهای ناشی از این تغییرها و نیز تبیین علت‌های ایجابی و معرفی راه‌کارهای تعدیل آنهاست.

۲- ناحیهٔ مورد مطالعه

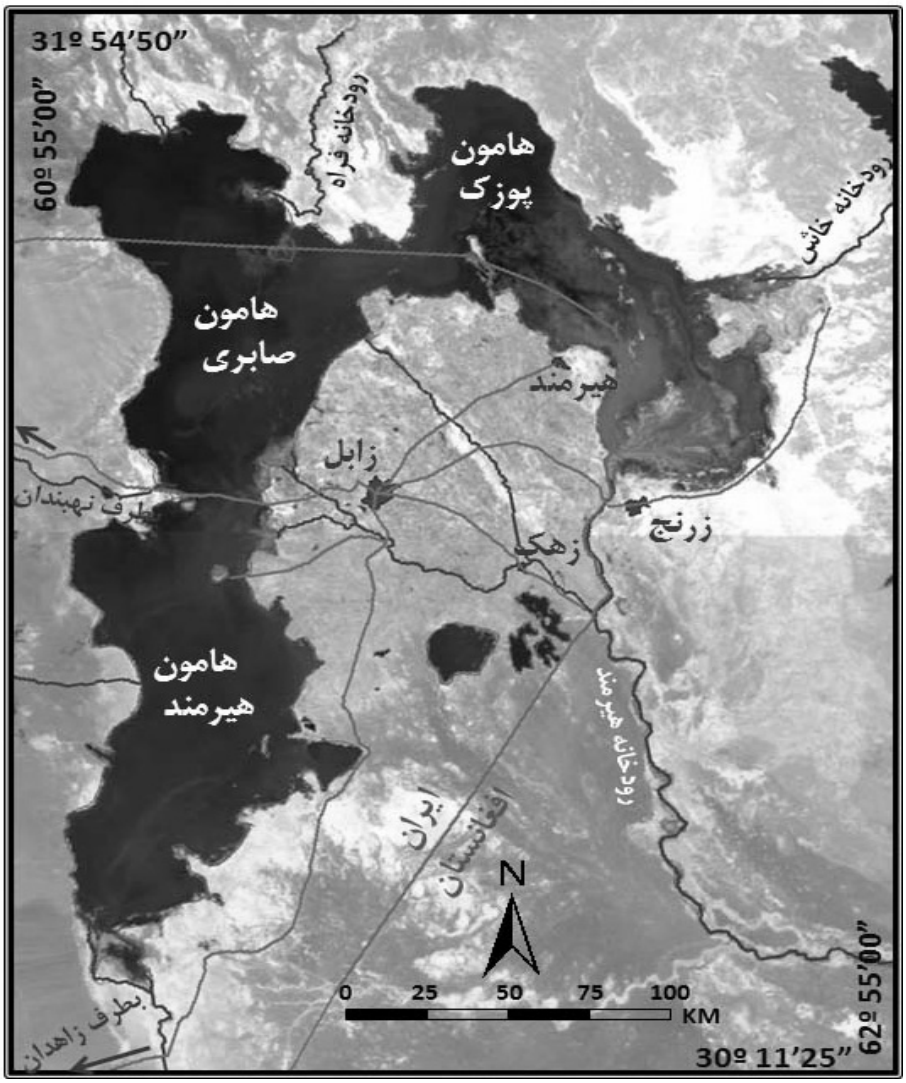
۲-۱- سیستان

ناحیهٔ سیستان به‌شکل یک برون‌زدگی مثلثی در شرق کشور، بر روی نقشه‌های موضوعی دیده می‌شود. این منطقه، مطابق محدودهٔ انتخاب‌شده بر روی تصاویر، در موقع ریاضی "۰۰'۴۵ °۳۰ تا "۰۰'۳۰ °۳۱ عرض شمالی و "۰۰'۵۱ °۶۰ تا "۰۰'۵۰ °۶۲ طول شرقی قرار گرفته و مساحت تقریبی‌اش پانزده هزار و ۱۹۷ کیلومتر مربع است (شکل ۱). جمعیت ایرانی ساکن در

1. Hydro- Morphologic
2. Monitoring

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

این ناحیه، چهارصدهزار نفر گزارش شده که در سه منطقهٔ شهری (زابـل، زهـک و هیرمنـد) و ۹۰۸ نقطهٔ روستایی زندگی می‌کنند (Miri, *et.al* 2007:101).



شکل ۱ موقعیت ناحیهٔ مورد مطالعه (تصویر ماهواره‌ای باندهای Landsat 7, 123)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

این ناحیه به‌علت بارندگی اندک سالانه – حدود ٦١ میلی‌متر (Jamalizadeh .*et.al*,2008: 513) – درزمرهٔ نواحی خشک و بیابانی ایران قراردارد. ازنظر زمین‌شناسی، ناحیهٔ سیستان بخشی از بلوک هلمند است که قسمت عمدهٔ آن در افغانستان قرار دارد. پهنهٔ امروزی سیستان و به‌ویژه چالهٔ هامون موید، یک فروافتادگی تکتونیکی حاصل از عمل‌کرد گسل هریرود در غرب و گسل چمن در شرق است. دشت سیستان و قسمت‌های شرقی آن در افغانستان، یعنی دلتای هیرمند، در آخرین دوران زمین‌شناسی، دراثر انباشته شدن رسوب‌ها و آبرفت‌های حاصل از آب‌های جاری، به‌ویژه هیرمند پر شده و به شکل کنونی درآمده است (پورکرمانی و زمردیان، ١٣٦٧: ١٠٣؛ ولایتی و میری، ١٣٨٥: ١٠٤، نوری، ١٣٧٥). اقتصاد سیستان به میزان زیادی به آب هیرمند، هامون و نیزارهای آن وابسته است. فعالیت‌های کشاورزی مانند کشت آبی مبتنی بر آب هیرمند، ماهی‌گیری در هامون، چرای دام، و تهیهٔ سوخت و مصالح اولیه برای صنایع دستی به کمک نیزارهای هامون، ازجمله اساسی‌ترین کاربردهای اقتصادی هامون برای سیستان است (عمرانی و اسماعیلی، ١٣٨٥: ٢؛ بریمانی، ١٣٨٠: ٢٠٩/ افشار سیستانی، ١٣٦٨: ٤٤؛Miri et.al) 2007: 101; Meijer, 2006:1). امروزه باوجود موهبت‌های اقتصادی هامون، ناحیهٔ سیستان همچنان منطقه‌ای محروم و دارای میزان زیاد بیکاری (٢١٪) و انبوهی از مشاغل غیرقانونی است. مهاجرپذیری از کشور همسایه و مهاجرفرستی به دیگر نقاط ایران و... در این ناحیه بسیار شایع است (Dahmardeh et.al, 2009: 799).

۲-۲- دریاچهٔ هامون

دریاچهٔ هامون تنها دریاچه در شرق ایران است که رودخانهٔ هیرمند- که از ارتفاع ۵۲۰۰ متری غرب کوه یغمان در شصت کیلومتری باختر کابل در کشور افغانستان سرچشمه گرفته- آن را مشروب می‌کند (پایلی‌یزدی و جلالی، ١٣٧٤: ١٠٩). رودخانه‌های خاش در شمال شرق، فراه در شمال و نیز رودخانه‌های فصلی بخش غربی –بیشتر در خراسان جنوبی- در آب‌گیری هامون نقش دارند (Gleick: 1993). حداکثر مقدار آورد (دبی) رودخانهٔ هیرمند در زمان سیلابی، ۱۷۰۰ تا ۲۰۰۰ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است. این میزان در زمان خشک‌سالی به صفر می‌رسد. به‌طورکلی، مساحت دریاچه‌ها در سال‌ها و ماه‌های مختلف، بسیار متغیر است. در بیشتر نوشته‌های متأخر، مساحت کل دریاچه‌ها حدود ۵۲۰۰ کیلومتر مربع تخمین زده شده است؛ اما برمبنای بررسی‌های

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

اطمینان، این میـزان حـداکثر حـدود ٤٨٠٠ کیلـومتر مربـع اسـت (ضـیا توانـا، ١٣٧١:٨٤). بـرپایـهٔ بررسی‌های انجام‌شده در این تحقیق، حداکثر مساحت هامون‌های سـه‌گانـه طـی ٣٣ سـال گذشـته (١٣٥٥– ١٣٨٨) برابر با ٤٨٣٤ کیلومتر مربع و مربوط به سال ١٣٦٩ می‌باشد (شـکل ٢). مـساحت متوسط عرصه‌های آب‌گیرشده در یک سال آبی، درطی دورهٔ زمانی ذکرشده حـدود ٣٢٠٠ کیلـومتر مربع بوده است. عمیق‌ترین نقطهٔ دریاچه در بالاترین تـراز آب، دارای عمـق ده متـر اسـت و عمـق متوسط آن حدود پنج متر می‌باشد (لشکری‌پور و غفوری، ١٣٧٨). هامون به‌واسـطهٔ واقـع شـدن در عرصه‌های بیابانی ایران، ارزشی دوچندان دارد و با نقش‌آفرینی خاص، اکوسیستم ویـژه‌ای را شـکل داده است. عرصه‌های آبی کم‌عمق، بـاتلاق‌هـا و نیزارهـا، حیـات وحـش، آب‌زیـان، پرنـدگان و ... ازجمله ویژگی‌های بارز این اکوسیستم و درنهایـت، از تفـاوت‌هـای اصـلی آن بـا اکوسیـستم‌هـای پیرامونی است. در عین حال، متغیرهایی چون تبخیر پتانسل بـالا – حـدود ٤٢٠٠ میلیمتـر در سـال (سعادت‌خواه، ١٣٨٢)– نوسان شدید در آورد سالانهٔ هامون، تغییر در عرصه‌های آب‌گیری‌شـده و... در ناپایداری و خطرآفرینی این اکوسیستم نقش دارند و آن را بسیار شکننده کرده‌اند. در تـاریخ ٢٣/ ٦/ ١٩٧٥، تالاب بین‌المللی هامون به وسعت پنجاه‌هزار هکتار با شمارهٔ 21R007 ثبت شـده اسـت (کهرم و نجفی، ١٣٧٩).

٣– داده‌های مورد استفاده و روش تحقیق

پژوهش حاضر، مبتنی بر روش استقرایی و تحلیل علت و معلولی اسـت. بـه‌سـبب وجـود نوسـان فراوان در مقادیر ماهانه و سالانهٔ آب تخلیه‌شده در دریاچهٔ هامون، انتخاب دو مقطع زمانی (ماه) بـا تفاضل مناسب (سال) و مقادیر آب دریافتی یکسان برای سنجش تغییرهای تـراز آبـی و مـساحت عرصه‌های آب‌گیری‌شده، به‌آسانی میسر نیست و به روشی خاص نیاز دارد. بـدین منظـور نخـست مجموعه داده‌های سنجش از دوری را از ماهوارهٔ Landsat و سنجنده‌هایMSS، TM و +ETM، مربوط به سال‌های ١٩٧٦م/ ١٣٥٥ ش تا ٢٠٠٩ م/ ١٣٨٨ ش برگزیدیم؛ پس از اصـلاح هندسـی در محیط نرم‌افزاری و فراهم‌کردن امکان هم‌نهادسـازی[1] تـصاویر، آنهـا را بـا هـدف تعیـین و انتخـاب تصاویر دارای ویژگی‌های مناسب برای این تحقیـق، مـورد پـردازش اولیـه قـرار دادیـم؛ بـه‌کمـک

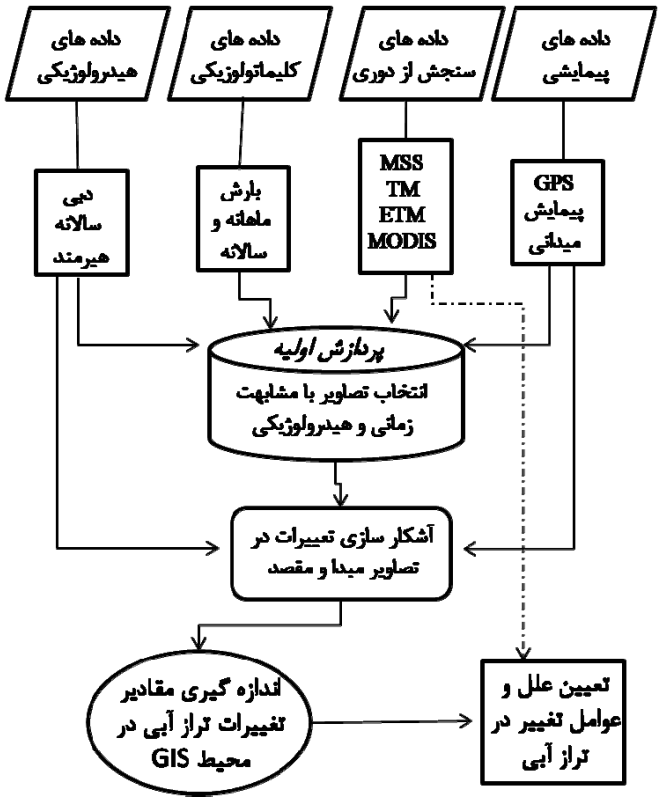
1. Superimposed

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

یافته‌های این مرحله و همچنین داده‌های آب‌شناختی و اقلیم‌شناختی[1] تهیه‌شده برای دورهٔ زمانی یادشده، تعیین رژیم آبی هامون و گروه‌بندی سال‌های ترسال، خشک‌سال و معمولی میسر گردید؛ سپس ازطریق مقایسهٔ ماه‌های دارای حداکثر مقادیر از عرصهٔ آبی آشکارشده در تصاویر مربوط به هریک از سه گروه سال، تصاویر گرفته‌شده در بازهٔ زمانی ۱۱۰ تا ۱٤۰ روز سال میلادی (اوایل فروردین تا اوایل اردیبهشت) را به‌عنوان تصاویر دارای مقطع زمانی (ماه) مناسب برای سنجش تغییرهای تراز آبی انتخاب کردیم؛ پس از آن، برای تعیین تراز و عرصهٔ آبی هامون در سال مبدأ و مقایسهٔ آن با سالی دارای ویژگی‌های آب‌شناختی، اقلیم‌شناختی و آورد آبی مشابه برای تعیین مقادیر تغییرها، سال ۱۹۷٦ م/ ۱۳۵۵ ش را به‌عنوان سال آبی معمولی برگزیدیم و تصویر MSS گرفته‌شده در ماه آوریل را تحلیل کردیم. بر روی این تصویر، تعدادی از نقاط[2] بیانگر تراز آبی و عرصهٔ آب‌گیرشدهٔ دریاچه در ارتفاعی از آب دریاچه را تعیین کردیم و علامت گذاشتیم که در آنها، اتصال بین سه قسمت هامون و برقراری تراز آبی یکسان مبتنی بر قانون ظرف مرتبط فراهم بود؛ سپس ویژگی‌های آن را ازطریق بررسی‌های میدانی و پیمایشی (اندازه‌گیری به‌کمک GPS) تعیین و به‌عنوان نقاط مرجع تراز آبی به نظام پردازشگر معرفی کردیم، در مرحلهٔ بعد، برای استخراج تغییرهای تراز آبی و سنجش امکان آب‌گیری عرصه‌های محصور توسط نقاط مرجع در سال مقصد، این نقاط را به تصاویر مربوط به سال‌های دارای مشابهت آب‌شناختی و اقلیم‌شناختی دلالت دادیم؛ در آخرین مرحله، پس از تعیین تغییرهای تراز آبی، علت‌های شکل‌گیری مسئله را به‌کمک شیوه‌های آشکارسازی دگرگونی‌ها در محیط نرم‌افزاری ERDAS & ENVI بین تصویر مبدأ (۱۳۵۵) و مقصد (۱۳۸٤) پی‌گرفتیم و ازطریق عملیات میدانی و پیمایشی، آن را کنترل و اعتبارسنجی کردیم (شکل ۲). در این پژوهش، علاوه بر منابع داده‌ای یادشده از داده‌های سنجندهٔ MODIS از ماهوارهٔ TERRA، که در ژانویهٔ ۲۰۱۰ گرفته شده است- و تصویر+ETM Landsat، مربوط به ژوئیهٔ ۲۰۰۹، برای تعیین جهت و مسیر حرکت طوفان‌های حمل‌کنندهٔ ماسه، استفاده کرده‌ایم. نقشه‌های موضوعی، منابع کتابخانه‌ای، اسناد و مدارک قابل دسترسی در محیط اینترنت، داده‌های ایستگاه هواشناسی زابل و آمارهای آورد آبی رودخانهٔ هیرمند از دیگر منابع مورد استفاده در این تحقیق است.

1. Climatologic
2. Benchmark

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]



شکل ۲ نمودار مراحل انجام کار

۴- یافته‌های تحقیق

برپایهٔ قانون عمومی ظروف مرتبط، چنانچه ازطریق افزایش سطح آبی (ارتفاع آب)، شرایط برای اتصال آب سه بخش دریاچه (هامون پوزک، صابری و هیرمند) فراهم آید، محدوده‌ها و عرصه‌های آب‌گیری‌شده از تراز ارتفاعی یکسانی برخودار خواهند شد؛ به بیان دیگر، در شرایط تراز آبی برابر در دو دوره یا زمان مشاهده، محدوده و مساحت آب‌گیری‌شدهٔ دریاچه در هر سه قسمت، متشابه و برابر خواهد بود. چنین قانونی، ثبات در عرصه‌های آب‌گیری‌شدهٔ دریاچهٔ هامون در تراز آبی یکسان را بین سال‌های مختلف تأیید می‌کند؛ بدین‌سان که عرصهٔ

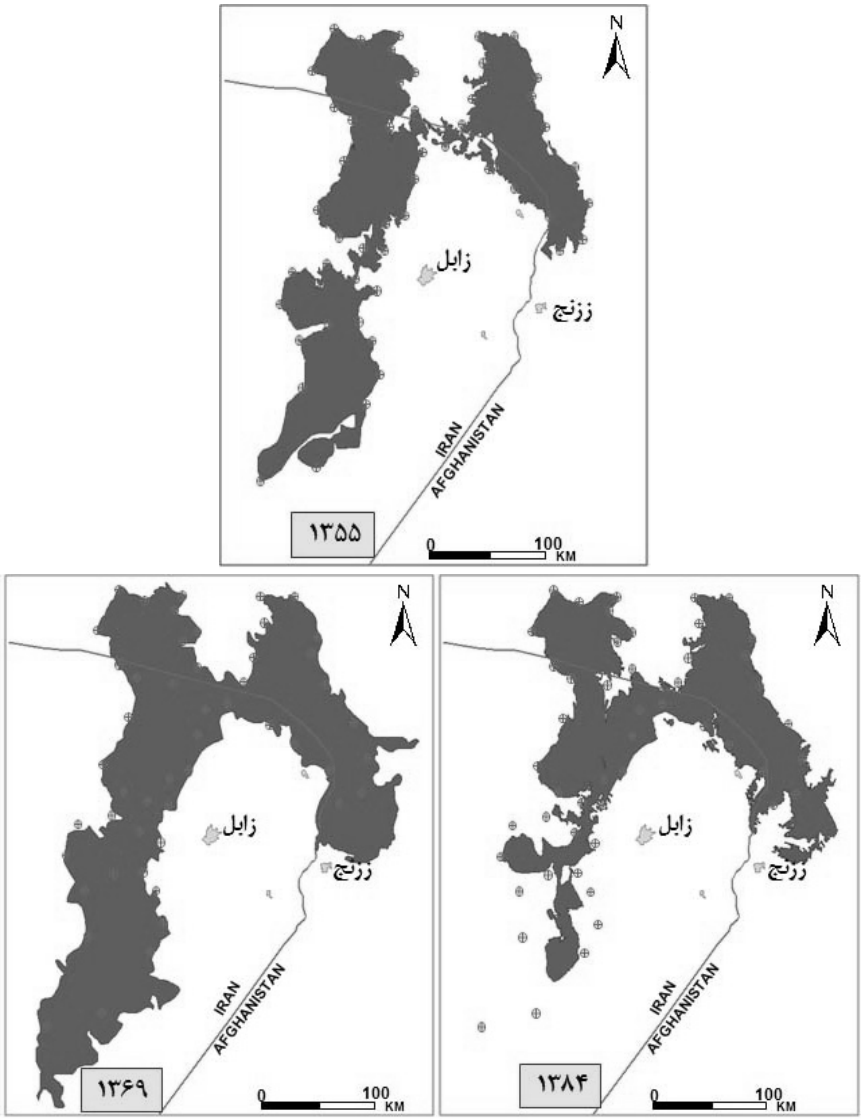
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

آب‌گیری‌شده در یک تراز آبی مشخص در حد فاصل بین آغاز و پایان یک دورهٔ خشکی بستر باید بدون تغییر باشد؛ در غیر این صورت، هرگونه تغییر در عرصهٔ آب‌گیری‌شده در دو فاصلهٔ زمانی مشخص، متأثر از عوامل دیگری خواهد بود. این عوامل به افزایش ارتفاع بستر و درنتیجه آب‌گیری‌نشدن بخشی از عرصهٔ دریاچه منجر می‌گردد که قبلا در همان تراز آبی قابلیت آب‌گیری داشته است.

مقایسهٔ مساحت عرصه‌های آب‌گیری‌شده در دریاچه‌های سه‌گانهٔ هامون در دو مقطع زمانی ۱۳۵۵ ش/ ۱۹۷٦ م و ۱۳۸٤ ش/ ۲۰۰۵ م تغییر در محدودهٔ آب‌گیرشده در یک تراز آب برابر را تأیید می‌کند. یافته‌های این مرحله نشان می‌دهد که سطح آبی هامون در مقطع پایه (۱۳۵۵) به‌سبب حاکمیت وضع اقلیمی مناسب، نسبتا مطلوب می‌باشد و بیشتر عرصه‌های دریاچه آب‌گیر شده است. نقاط مبنا و مرجع نیز برمبنای این تراز آبی تعیین و ثبت شده‌اند (شکل ۳ – نقاط قرمز). در دههٔ بعد، به‌واسطه کاهش آورد آبی هیرمند دراثر ساخت دو سد مخزنی کجکی و ارغنداب، واقع در شمال و شمال شرقی شهر قندهار افغانستان (UNEP, 2006: 12) و نیز تغییر در وضع اقلیمی و خشک‌سالی نسبی در برخی سال‌ها (۱۳۸٤– ۱۳۸۵)؛ مقایسهٔ سطوح آب‌گیری‌شده چندان میسر نگردید. سال‌های پایانی دههٔ هشتاد و آغاز دههٔ نود، دورهٔ ترسالی سیستان و پرآبی هامون است. در این دوره، به‌سبب سیل ویرانگر سال ۱۳٦۹ ش/ ۱۹۹۰ م سطح آب‌گیری‌شدهٔ هامون به حداکثر رسید و ارتفاع آب از بیشتر نقاط مشاهد فراتر رفت (شکل۳). در سال‌های پایانی این دهه، روند معکوس شد، میزان آب به‌شدت کاهش یافت و هامون به مدت طولانی (۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳) خشکید. آشکارسازی بر روی تصاویر TM نشان می دهد که در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰، یک دورهٔ خشکی مطلق بر دریاچه حاکم بوده است. البته بارندگی‌های نسبتاً مناسب در سال ۱۳۸۲ ش/ ۲۰۰۳ م وضع را در مقایسه با سال‌های قبل تا حدودی بهبود بخشید؛ اما به‌سبب آورد آبی اندک هیرمند، نتوانست وضع سخت خشکی را جبران کند و تراز آبی مناسبی را برای هامون فراهم آورد. در سال ۱۳۸٤، تحول اقلیمی مناسبی در ناحیه صورت گرفت و بارش سالانهٔ بیش از ۱۵۰ میلی‌متر زمینه را برای آب‌گیری دوبارهٔ هامون و احیاء عرصه‌های آبی آن فراهم آورد. هم‌نهادسازی تصاویر تهیه‌شده در این سال (۱۳۸٤) با سال پایه (۱۳۵۵) و همچنین دلالت نقاط مرجع بر عرصه آبی این سال، روشن کرد که به‌دلیل ارتفاع یکسان آب دریاچه، نقاط مبنا تراز آبی یکسانی در این دو سال معرفی

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

می‌کنند. این مسئله امکان مقایسهٔ تراز آبی و ارتباط آن با سطوح آب‌گیرشده در هرسه بخش هـامون را در یک بازهٔ زمانی تقریبا سی‌ساله فراهم آورد (شکل ۳).



شکل ۳ تغییرهای تراز آبی به‌نسبت نقاط مبنا در سه دورهٔ مشاهده ۱۳۵۵-۱۳۸۴

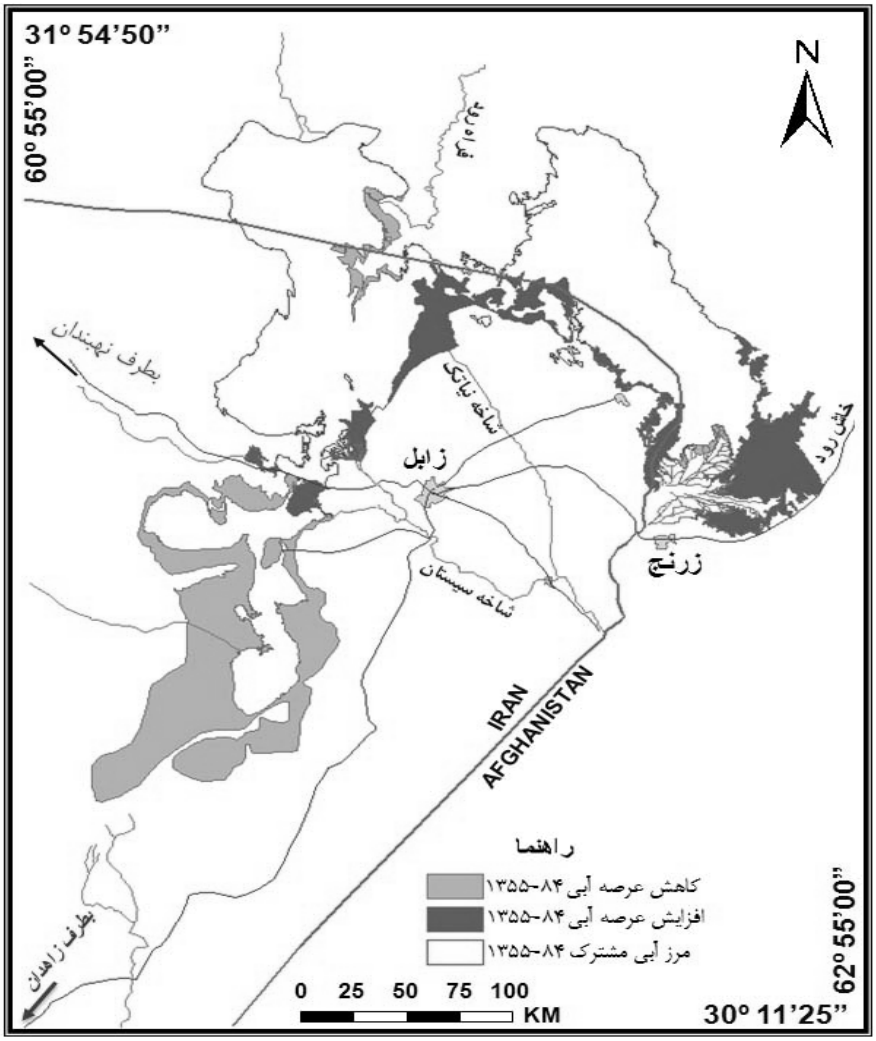
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

برپایهٔ تصاویر مربوط به این دو مقطع (۱۳۵۵ و ۱۳۸٤)، نقشه‌های برداری از پهنه‌های آب‌گیری‌شده تولید گردید. مقایسهٔ مساحت عرصه‌های آبی در این دو مقطع نشان می‌دهد که باوجود یکسان بودن ارتفاع آب براساس نقاط مبنا، (خطوط قرمز در شکل ٤)، تراز و عرصهٔ آبی در برخی قسمت‌های دریاچه تغییر کرده است؛ به‌طوری که بخش‌هایی از دریاچه، که در تراز آبی حاصل از ارتفاع آبی یکسان با زمان مشاهدهٔ قبلی (۱۳۵۵) آب‌گیر بودند، در زمان مشاهدهٔ دوم، امکان آب‌گیری نیافتند (رنگ قهوه‌ای در شکل ٤). برعکس، نواحی‌ای که در همان ارتفاعی آبی در زمان مشاهدهٔ مبدأ غیرآب‌گیر بودند، در زمان مشاهدهٔ دوم (مقصد) به عرص‌های آبی تبدیل شده‌اند (رنگ آبی در شکل ٤). شکل‌گیری عرصه‌های مختلف آب‌گیری برای هر بخش از هامون‌های سه‌گانه، در وضعیت کم‌آبی و استقلال آبی دریاچه‌ها تا حدودی طبیعی است؛ اما واقع‌شدن آن در حالت اتصال این سه بخش به یکدیگر به‌سبب افزایش ارتفاع آب، مغایر با قوانین فیزیکی (قانون ظروف مرتبط) و ناشی از عوامل ریخت‌شناختی[1] (تغییر در بستر) است. بررسی‌های افزون‌تر نشان می‌دهد که باوجود شکل‌گیری تراز آبی یکسان برای بخش‌های زیادی از شمال و شمال شرقی دریاچه، مساحت آب‌گیری‌شدهٔ آن از ۳۳۵۲، کیلومتر مربع در سال ۱۳۵۵ به ۲۹۹۵ کیلومتر مربع (٪۱۰.٦-) در سال ۱۳۸٤ کاهش یافته است؛ به بیان دیگر، ۳۵۷ کیلومتر مربع از مساحت دریاچه کاسته شده است. پویش تغییر هندسی ایجادشده در شکل دریاچه ازطریق هم‌نهادسازی لایه‌های مختلف نشان می‌دهد که؛ مرزهای زمانی دریاچه در بیشتر نواحی شمالی و شرقی با یکدیگر منطبق است و تغییری در آن روی نداده است؛ در حالی‌که محدودهٔ دریاچه در جنوب غرب (جنوب هامون هیرمند در ایران) و جنوب شرق (جنوب هامون پوزک در افغانستان) دو مرز زمانی متفاوت را نشان می‌دهد. در بخش غربی، مرز آبی دریاچه به طول متوسط سی کیلومتر و مساحت ۷۷۷ کیلومتر مربع عقب‌نشینی کرده‌است؛ در حالی‌که در بخش شرقی، محدودهٔ دریاچه به طول جهارده کیلومتر و مساحت ٤۹۲ کیلومتر مربع به‌سوی زمین‌های بیابانی (بیشتر در مجاور شهر زرنج) پیش‌روی داشته

1. Morphologic

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

است؛ به بیان دیگر، عرصه‌های آبی هامون به زیان بخش ایرانی و به نفع بخش افغانی آن تغییر کرده است (شکل ٤).



شکل ۴ تغییر در عرصه‌های آب‌گیری‌شدهٔ هامون بین سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۸۴

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

۵- بحث و تحلیل

تحلیل تصاویر و نقشه‌های تولیدی، تغییر در تراز آبی هامون و درنتیجه آب‌گیری‌نشدن قسمت عمده‌ای از بخش ایرانی هامون را تأیید می‌کند. پس از ژرف‌نگری برای پاسخ به چرایی شکل‌گیری چنین پدیده‌ای، دو عامل اصلی را خواهیم یافت :

الف) تغییر در تراز استاتیکی آب، ناشی از فشار واردشده ازسوی بادهای متداوم و ایجاد خیزاب؛

ب) تغییر در ریخت‌شناسی بستر و افزایش ارتفاع آن.

عامل اول: با توجه به ظرفیت بادخیزی ناحیه، باد می‌تواند ازطریق افزایش دینامیکی ارتفاع آب در یک سو و در نتیجه، کاهش ارتفاع استاتیکی آن در سوی مخالف، مؤثر باشد؛ ولی بررسی‌ها مؤید آن است که با توجه به جهت حرکت باد از شمال به جنوب با آزیموت ۳۳۷.۵ درجه (خاک‌باز و همکاران، ۱۳۸۰: ٤٦؛ ایران‌منش و همکاران، ۱۳۸٤: ۲۹) و جایگاه قسمت آب‌گیری‌نشده در هامون هیرمند (جنوب ناحیه)، باد در آب‌گیرشدن نقشی ندارد؛ بلکه تا حدودی می‌تواند در افزایش تراز آبی به نفع این قسمت عمل کند؛ به بیان دیگر، باد در آبگیری بخش‌های جنوبی هامون اثر مثبت دارد. بررسی‌ها قابلیت ایجاد خیزاب به ارتفاع ۱۳۵ سانتیمتر را برای دریاچهٔ هامون تأیید می‌کند (تفرج نوروز و همکاران، ۱۳۸۲: ٥٦۹).

عامل دوم: تغییر در ریخت‌شناسی بستر ازطریق افزایش یا کاهش ارتفاع آن می‌تواند در آب‌گیر بودن یا نبودن هامون مؤثرباشد. پی‌جویی این پدیده به دو صورتممکن است: یکی اندازه‌گیری ارتفاعی کف و بستر دریاچه با استفاده از ابزارهای دقیق D-GPS در زمان‌های متفاوت، و دیگری بررسی عناصر تغییرهندهٔ کف و بستر ازطریق پیمایش میدانی. اندازه‌گیری‌های دقیق ارتفاعی و امکان پایش تغییرهای ارتفاعی بستر به‌علت نبود این داده‌ها در زمان گذشته، میسر نگردید؛ بنابراین، پیمایش میدانی را به‌عنوان تنها ابزار تعیین علت‌های تغییر در بستر هامون مد نظر قرار دادیم و بر بررسی‌های میدانی دو گزینهٔ احتمال تغییر بستر ازطریق حرکت‌های زمین‌ساخت (Uplift & Subsidence) و تغییر به‌دلیل برداشت و انباشت رسوب‌ها به‌وسیلهٔ باد تأکید کردیم. گزینهٔ اول را به‌دلیل نبود هرگونه رخنمون ریخت‌شناختی و گزارش تکنونیکی، فاقد قوت و کارایی تشخیص دادیم و بیشتر بررسی‌ها را بر پدیدهٔ باد و توان آن در تغییر ارتفاع بستر متمرکز کردیم. بدین منظور، بررسی‌های میدانی هم‌عرض با پایش تصاویر، را درجهت مشخص

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

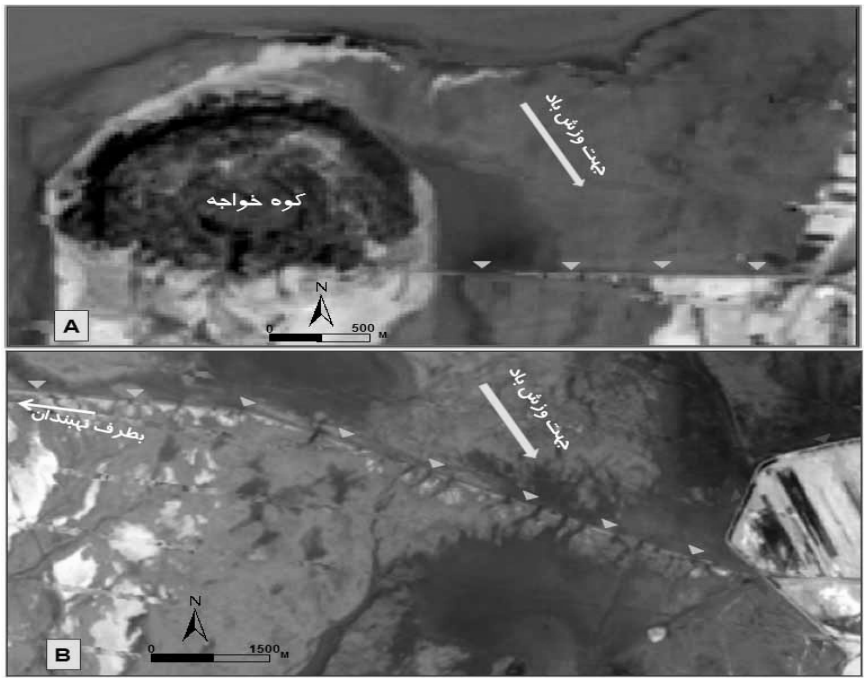
کردن نقاط و نواحی انباشت یا برداشت ماسهٔ بادی و سازوکار انتقال آن مورد تأکید قرار دادیم. تحلیل تصاویر ماهواره‌ای از سنجنده‌های MODIS و +ETM نشان می‌دهد که طوفان‌های گرد و خاک از بستر شمالی هامون (هامون صابری) سرچشمه می‌گیرد و به سمت جنوب حرکت می‌کند. برپایهٔ این تصاویر، طوفان‌های گرد و خاک ذرها را از کف و بستر خشکیدهٔ هامون صابری، به‌ویژه از دلتای شاخه نیاتک در جنوب برمی‌دارد و با آزیموت ۳۳۰ تا ۳٤۰ درجه حرکت می‌کند. با توجه به سمت حرکتی این بادها، ذره‌ها در امتداد هامون هیرمند به‌سوی جنوب حرکت می‌کنند و می‌توانند در نقاط دارای مانع، بارگذاری و تثبیت شوند. براساس بررسی‌های میدانی، عوامل ذیل در تغییر ریخت‌شناسی بستر ازطریق بارگذاری و نشست ماسه در بخش‌هایی از هامون صابری مؤثر است:

الف) جهت و ارتفاع جادهٔ زابل به کوه خواجه و زابل به نهبندان: این دو جاده با ارتفاع متوسط ۳.۵ متر از بستر و با آزیموت ۱۵تا ۲۵ درجه در داخل دریاچه احداث شده است. امتداد نسبتا عمود با جهت حرکت طوفان‌ها و ارتفاع مناسب این دو جاده، امکان انباشت ذره‌های ماسه را در این بخش از دریاچه فراهم آورده است (شکل ۵). افزایش ارتفاع بستر هامون به‌دلیل انباشت شن و ماسه در امتداد شمالی این دو جاده، سبب ایجاد موانع و درنتیجه، آب‌گیرنشدن دیگر بخش‌های هامون در جنوب شده است. از آنجا که بخش‌های جنوبی هامون هیرمند ازطریق آب واردشده از دو شاخهٔ ایرانی هیرمند (سیستان و نیاتک) و همچنین آب هامون پوزک احیا می‌گردد، موانع یادشده در آب‌گیرنشدن و احیاء این قسمت از هامون، نقشی تعیین‌کننده و محوری دارند. با احداث جادهٔ عمود بر محور طولی دریاچه، ارتباط بخش‌های جنوبی و شمالی عملا به چند دهنه پل تعبیه‌شده محدود شده، و انباشت رسوب‌ها در مدخل‌های این بناها مانع از انتقال آب به نواحی جنوبی شده است. تصویر ماهواره‌ای با دقت مکانی متوسط نیز به‌خوبی گویای تأثیر این موانع در انباشت رسوب‌ها و جلوگیری از عبور آب در امتداد محور این دو جاده است (شکل ۵). بدیهی است که واقع‌شدن چنین پدیده‌ای قبل از ساخت این دو جاده، به‌دلیل استفاده از دسترسی‌های سنتی امکان‌پذیر نبود. در شیوهٔ سنتی، دسترسی به کوه خواجه ازطریق توتن (نوعی قایق محلی) امکان‌پذیر بود و چنین تأثیر نامطلوبی نداشت. مقایسهٔ تصاویر پانورامیک گرفته‌شده در دو دههٔ گذشته، رویش انبوهی از درختان در بستر دریاچه و نگاه‌داشت ماسه در پشت این دو جاده را تأیید می‌کند (شکل ۵–C & D).

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

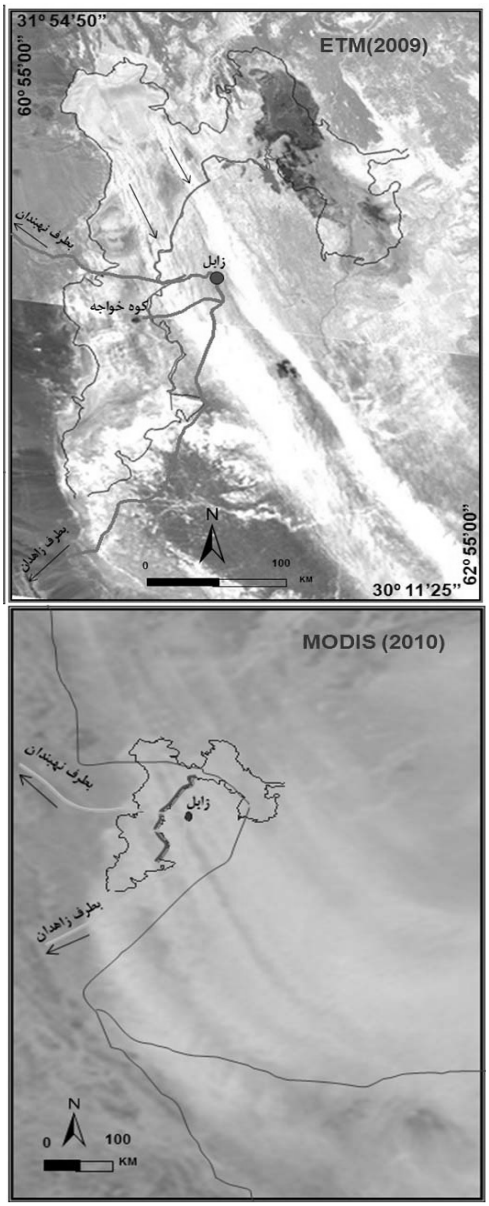
ب) *جهت و ارتفاع جادهٔ زابل به زاهدان:* این جاده با آزیموت ٤٨ درجه و حداقل ارتفاع پنج متر از کف دریاچه و بارریزی‌های غیراصولی حاصل از ایجاد آن در حاشیهٔ دریاچه، می‌تواند مانعی مرتفع و عمود بر جریان حرکت طوفان‌های گرد و خاک در جنوب هامون هیرمند محسوب گردد؛ هرچند به‌علت قرارگرفتن این جاده در منتهی‌الیه جنوبی هامون تأثیر آن به تنها بخش کوچکی از محدودهٔ جنوبی هامون هیرمند منحصر است (شکل ۷).

ج) *جهت و ارتفاع دیوار ساحلی احداثی:* برای کنترل سیلاب‌ها و جلوگیری از هجوم سیل و خیزاب هامون در زمان پرآبی به مزارع، دیوار ساحلی با ارتفاع متوسط چهار متر در امتداد ساحل شرقی هامون هیرمند احداث شده است. این دیوار با توجه به آزیموت متفاوت آن، در بیشتر قسمت‌های جنوبی، عمود بر جریان حرکت طوفان‌ها قرار دارد و عامل انباشت ذره‌ها در این قسمت است (شکل ٦- خطوط قرمز و B ۷).



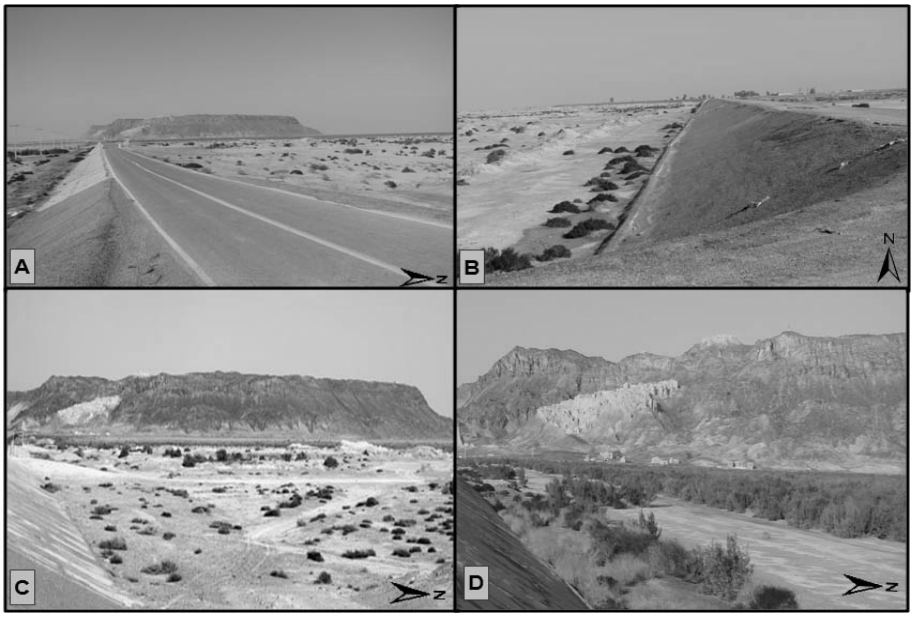
شکل ۵ تأثیر جادهٔ زابل کوه خواجه (A) و زابل نهبندان (B) بر روی تصویر ماهواره‌ای Landsat – ETM+.
مثلث‌های زردرنگ، امتداد محور جاده و مثلث‌های قرمز امتداد دیوار ساحلی را نشان می‌دهند.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]



شکل ۶ پایش طوفان‌های سیستان برروی تصاویر ماهواره‌ای – تصویر MODIS در ژانویهٔ ۲۰۱۰ و – Landsat +ETM در ژوئیهٔ ۲۰۰۹). جهت و منشأ طوفان‌ها در ارتباط با دیوار ساحلی (خطوط قرمز) و شبکهٔ جاده ای (خطوط زرد) مد نظر است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]



شکل۷ A جادهٔ زابل به کوه خواجه، B دیوار ساحلی در مجاورت شهرک علی اکبر، C بستر هیرمند ۱۳۸۰، D بستر هامون ۱۳۸۸

آب‌گیری عرصه‌های افزوده‌شده به هاهون (محدوده‌های آبی‌رنگ در شکل ٤) نیز متأثر از نیروی باد است. الگوی توزیعی این عرصه‌ها، انطباق آنها را با دلتای شاخه نیاتک در شمال و پریان در شرق تأیید می‌کند. وجود رسوبات ریزبافت، این نواحی را به کانون مناسبی برای برداشت ذره‌ها به‌وسیلهٔ باد تبدیل کرده و درنتیجه، تغییر بستر، کاهش ارتفاع و آب‌گیری آن را به دنبال داشته است (تصویر ETM در شکل ٦، انطباق منشأ ذرات طوفان‌ها را با دلتای شاخهٔ نیاتک و سیستان نشان می‌دهد).

۶- نتیجه‌گیری

تصاویر و داده‌های حاصل از و تحلیل آنها، تغییر در تراز آبی هامون ازطریق تغییر در ارتفاع بستر متأثر از انباشت رسوبات حمل‌شده به‌وسیلهٔ باد را تأیید می‌کنند. تغییر در تراز آبی هامون، پیامدهای ناگواری همچون آب‌گیری‌نشدن بخش زیادی از هاهون هیرمند را-

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

که به‌صورت کامل در ایران واقع‌شده- به‌دنبال داشته است. این مسئله چرخهٔ گسترده‌ای از ناملایمات زیست‌محیطی را برای ناحیهٔ سیستان همراه دارد. ازجمله این ناملایمات می‌توان موارد ذیل را نام برد: حذف اکوسیستم تالابی، افزایش طوفان‌های پرخطر گرد و خاک، افزایش توان باد در انتقال ذره‌های نمکی از کف خشکیدهٔ دریاچه، افزایش بیماری‌های تنفسی و ریوی، حذف کارکردهای اقتصادی هامون و رواج مشاغل غیررسمی و غیرقانونی و... .

بررسی‌ها تأثیر منفی برخی اقدام‌های عمرانی، ازجمله احداث دیوار ساحلی و ایجاد جادهٔ دسترسی از میانهٔ هامون را بر اکوسیستم بسیار شکنندهٔ این عرصهٔ آبی پرارزش و ایجاد بحران جدی برای آن تأیید می‌کنند. این مسئله قبل از هرچیز، بررسی‌های افزون‌تر درجهت تعدیل اثرهای منفی زیست‌محیطی اقدام‌های صورت‌گرفته ازطریق تعریف و اجرای طرح‌های خاص پژوهشی و همچنین توجه افزون‌تر به اکوسیستم هامون در اقدام‌های بعدی را ضرورت بخشیده است.

۷- منابع

- افشارسیستانی، ایرج (۱۳٦۸). «دریاچهٔ هامون، بزرگ‌ترین دریاچهٔ آب شیرین فلات ایران». ***مجلهٔ رشد آموزش جغرافیا***. س ۵ ، ش ۱۷.
- ایران‌منش، فاضل، محمود عرب خدری و مجتبی اکرام (۱۳۸٤). «بررسی مناطق برداشت ذرات گرد و غبار و ویژگی‌های انتشار آنها در طوفان‌های منطقهٔ سیستان با استفاده ار پردازش تصاویر ماهواره‌ای». ***مجلهٔ پژوهش و سازندگی***، ش ٦۷.
- بریمانی، فرامرز(۱۳۸۰)، ***تنگناهای توسعهٔ روستایی سیستان***، پایان‌نامه دورهٔ دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.
- پاپلی یزدی، محمدحسین و عباس جلالی، (۱۳۷٤). «هیرمند/ هیلمند/ هلمند رود». ***فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی***. ش ۳۷، صص ۱۰۹-۱۲۰.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

- پورکرمانی، محسن و محمدجعفر زمردیان (۱۳٦۷). «بحثی پیرامون ژئومورفولوژی سیستان و بلوچستان». ***فصلنامهٔ تحقیقات. جغرافیایی.*** ش ۹.
- تفرج نوروز، علی، مسعود تجریشی، احمد ابریشم‌چی و بهناز خاکباز (۱۳۸۲). «بررسی تراز بیشینهٔ سطح آب دریاچهٔ هامون هیرمند و مدل قابلیت اعتماد دینامیک سیل بند آن». مقالهٔ ارائه‌شده در ***ششمین کنفرانس مهندسی عمران ICCE 2003*** دانشگاه اصفهان.
- خاکباز، بهناز، مسعود تجریشی و احمد ابریشم‌چی (۱۳۸۰). «تحلیل ریسک و قابلیت اعتماد روگذری سیل بند رودخانه ناشی از باد». ***سومین کنفرانس هیدرولیک ایران***. تهران. صص ٤٤٥ – ٤٥۳.
- لشکری‌پور. غلامرضا و محمد غفوری (۱۳۸٤). «فرسایش و پیشروی رودخانهٔ شیله و نابودی دریاچهٔ هامون». ***فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیا***. ش ٤۹.
- لشکری‌پور. غلامرضا و محمد غفوری (۱۳۷۸). «پروژهٔ تثبیت رودخانهٔ هیرمند در منطقهٔ سیستان و پیامدهای آن». مقالهٔ ارائه‌شده در ***اولین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست***.
- سعادت‌خواه، ناصر، مسعود تجریشی، احمد ابریشم‌چی (۱۳۸۲). «اصلاح و واسنجی مدل CRLE در مناطق با جریان همروفت شدید. مطالعهٔ موردی: مخازن چاه نیمه». ***ششمین کنفرانس مهندسی عمران***. اصفهان.
- ضیا توانا، محمدحسن (۱۳۷۱). «ویژگی‌های طبیعی چاله‌نشینان». ***جشن‌نامهٔ دکتر محمدحسن کنجی***. به اهتمام ایرانپور جزنی ، انشتارات گیتاشناسی.
- کهرم، اسماعیل و انوشیروان نجفی (۱۳۷۹). ***فواید تالاب‌ها***. تهران: دایرهٔ سبز.
- عمرانی، محمد و عبدالکریم اسماعیلی (۱۳۸۵). «استفاده از سه روش پیش‌بینی در ارزیابی تأثیر خشک‌سالی بر صید از دریاچهٔ هامون». ***فصلنامهٔ توسعهٔ روستایی***. س ۹، ش ۲.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

- نوری، غلامرضا (۱۳۸٦). ***تالاب هامون امید سیستان***. طرح پژوهشی سازمان حفاظت محیط زیست استان سیستان و .بلوچستان.
- نوری، غلامرضا (۱۳۷۵). «زمین‌شناسی و قدمت دریاچهٔ هامون». ***ماهنامهٔ آبزیان***. س٦. ش۲.
- ولایتی، سعدالله و غلامرضا میری (۱۳۸۵). «بررسی مسائل زیست‌محیطی هامون» ***مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیایی***. ش ٥٦.
- Dahmardeh, M, S Yazdani and .E Piri (2009)."The Socio-Economic Effects of Hamoon Lake in Sistan Region of Iran". *Journal of Food, Agriculture & Environment***.** Vol.7.
- Jamalizadeh M.R., A., Moghaddamnia, J Piri, V. Arbabi, M. Homayounifar and A Shahryari,. (2008). "Dust Storm Prediction Using ANNs Technique - A Case Study: Zabol City". World Academy of Science, Engineering and Technology. 43.
- Mansoori, J. (1994). *The Hamoun Wildlife Refuge, Max Kasparek Verlag*. Heidelberg Publisher.53p
- Meijer. K (2006). "Integrated Water Resources Management for the Sistan Closed Inland Delta, Iran". *Project Report, by ITC, The Netherland and IWRM*. (Integrated Water Resources Management). Iran, Version 1.2.
- Miri .A, H Ahmadi, A. Ghanbari, A. Moghaddamnia (2007). "Dust Storms Impacts on Air Pollution and Public Health under Hot and Dry Climate". *International Journal of Energy and Environment*. Issue 2. Volume 1.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]

- Rezvani Gilkolaei, Sohrab (2007). "Aquaculture Development in Sistan-Baluchistan." Project Financed by Italian Cooperation. Italian Ministry of Foreign Affairs. 17 pages.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2006). “History of Environmental Change in the Sistan Basin”. Nairobi Kenya.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-23]