

 پژوهشگاه فضایی ایران پژوهشکده مکانیک شیراز	هیدروگرافی و تهیه پروفایل از بستر دریاچه ارومیه (مرحله پنجم)	 ستاد احیای دریاچه ارومیه
---	---	---

بسمه تعالی

پژوهشگاه فضایی ایران

پژوهشکده مکانیک شیراز

هیدروگرافی و تهیه پروفایل از بستر دریاچه ارومیه (مرحله پنجم)

اسفند ۱۳۹۷ و فروردین ۱۳۹۸

پیش‌گفتار

قرارگیری دریاچه ارومیه در آستانه بحرانی زیست‌محیطی در مقیاس بین‌المللی در سال‌های منتهی به سال ۱۳۹۲ شمسی و مطالبات مردم شریف منطقه، هیأت محترم وزیران را بر آن داشت که در اولین جلسه خود در دولت یازدهم، طی مصوبه شماره ۴۹۵۰۳/۱۱۱۱۴۶ مورخ ۱۳۹۲/۰۵/۲۸، تشکیل کارگروه نجات دریاچه ارومیه را به تصویب رسانند که پس از بررسی‌های گروه‌های کارشناسی، ۱۹ طرح اولویت‌دار جهت نجات دریاچه ارومیه در جلسه ۱۳۹۲/۰۷/۱۶ کارگروه نجات دریاچه ارومیه تصویب گردید.

به منظور تمرکز و تسریع در روند اقدامات مرتبط با احیای دریاچه ارومیه، پیشنهاد تشکیل «کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه» در جلسه مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۰۲ هیأت محترم وزیران مطرح و به موجب اختیارات اصل ۱۳۸ قانون اساسی، طبق مصوبه شماره ۴۹۵۰۳/۱۷۰۰۹۲ مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۲، مقرر گردید که ریاست کارگروه بر عهده معاون اول محترم رئیس‌جمهور باشد و جناب آقای دکتر عیسی کلانتری به عنوان دبیر کارگروه و مدیر اجرایی احیای دریاچه ارومیه تعیین گردیدند. ۷ وزیر، ۲ معاون رئیس‌جمهور و ۳ استاندار حوضه آبریز نیز به عنوان اعضای این کارگروه معرفی شدند.

در گام بعدی، ستاد احیای دریاچه ارومیه ضمن ایجاد کمیته‌های تخصصی شش‌گانه، ۲۰ کارگروه تخصصی، انجام مطالعات تطبیقی و ایجاد شوراهای منطقه‌ای، ضمن برگزاری ۹۸ جلسه متنوع کارشناسی و مدیریتی و بهره‌گیری از نظرات بیش از ۷۵۰ نفر از متخصصان داخلی و بین‌المللی در بازه زمانی ۱۳۶ روزه (از ۱۳۹۲/۱۱/۰۲ تا ۱۳۹۳/۰۳/۱۷)، اقدام به تدوین و اجرای یک نقشه راه جامع در راستای احیای دریاچه ارومیه نمود که نقشه راه مذکور در جلسه مورخ ۱۳۹۳/۰۴/۰۸ به ریاست رئیس‌جمهور محترم جناب آقای دکتر روحانی، ارائه و مورد تصویب قرار گرفت و دستور شروع عملیات اجرایی راه‌کارهای مصوب توسط ایشان صادر گردید. کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه نیز طی مصوبه شماره ۴۹۵۰۳/۵۷۵۴۲ مورخ ۱۳۹۳/۰۵/۲۵ به طور رسمی مسئولیت مطالعه و طراحی طرح نجات دریاچه ارومیه را به دانشگاه صنعتی شریف سپرد.

در کنار دستاوردهای میدانی متعدد حاصل از طرح ملی نجات دریاچه ارومیه از جمله قرار گرفتن دریاچه در مسیر احیای پایدار و رفع مخاطرات بهداشتی و سلامتی، نقش محوری دانشگاه‌های ملی و استانی در کلیه امور مطالعه و پایش، شاخصه‌ای کم‌نظیر در پروژه بوده که توانسته است ضمن خلق تعاملی پویا و چندسویه با دستگاه‌های اجرایی، روح اقدامات علمی-پژوهشی را در کالبد همه پروژه‌های ذیل طرح، جاری نمایند.

لذا با هدف شفاف‌سازی اقدامات مطالعاتی و پژوهشی انجام شده و نیز به منظور فراهم شدن امکان استفاده مجامع علمی در رشته‌های مختلف دانشگاهی از آب (هیدرولوژی، آب زیرزمینی، هیدرولیک و هیدرودینامیک)، محیط‌زیست، اکولوژی و لیمنولوژی گرفته تا اقتصاد و جامعه‌شناسی از دانش بومی تولید شده در این طرح ملی، کلیه مطالعات انجام شده توسط دبیرخانه کارگروه در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی شریف در دسترس پژوهشگران محترم قرار گرفته است. یقیناً تدارک مطالعه و پژوهش در این منابع بومی ارزشمند که حاصل سال‌ها تلاش مجدانه محققان تراز اول داخلی و بین‌المللی بوده، سرآغازی خواهد بود برای تداوم نهضت علمی شکل گرفته و به زودی با بروز جهشی علمی در بستر استثنایی پدید آمده، شاهد شکوفایی برکات این گردش آزاد اطلاعات در اقصی نقاط کشور خواهیم بود.

کلیه تعبیر، نتایج و تفاسیری که در این اثر ذکر شده‌اند، محصول تلاش‌های نویسندگان (یا نویسندگان) آن بوده و لزوماً منعکس‌کننده دیدگاه‌های دبیرخانه کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه نیست. لذا مسئولیت صحت کلیه اطلاعات و نتایجی که توسط این اثر در دسترس عموم قرار می‌گیرد، به عهده نویسندگان (یا نویسندگان) آن می‌باشد.

 پژوهشگاه فضایی ایران پژوهشکده مکانیک شیراز	هیدروگرافی و تهیه پروفایل از بستر دریاچه ارومیه (مرحله پنجم)	 ستاد احیای دریاچه ارومیه
--	--	---

فهرست مطالب:

۱.	مقدمه.....	۳
۲.	شناسایی میدانی و تهیه سناریوی عملیات هیدروگرافی.....	۵
۳.	تجهیزات.....	۷
۴.	عملیات هیدروگرافی.....	۱۰
۵.	مبنای ژئوید/مسطحاتی و تصحیحات.....	۲۴
۶.	تراز سطح آب دریاچه ارومیه.....	۲۵
۷.	مقایسه نتایج.....	۲۷
۸.	نمونه برداری و تعیین شوری آب.....	۴۰
۹.	جمع بندی.....	۴۶
۱۰.	محدودیت ها.....	۴۸

۱. مقدمه

ستاد احیای دریاچه ارومیه، باهدف آگاهی از تغییرات تراز بستر دریاچه، چند مرحله هیدروگرافی را طراحی و به کمک پژوهشکده مکانیک شیراز و مشاورین همکار، اجرا کرده است. شهریور ۹۶، مرحله نخست طرح، در ۱۲ مسیر ۱۰ کیلومتری با فواصل ۵۰۰ متر از هم در پیرامون جاده میان‌گذر انجام و در اسفند ۹۶ و فروردین ۹۷ دوباره تکرار شد.

مرحله سوم پروژه، متفاوت از مراحل قبل و در محدوده شمال و جنوب دریاچه، در ۱۲ مسیر جدید با طول‌های ۱۰ تا ۲۵ کیلومتر و با فواصل پنج تا هفت کیلومتر از هم طرح‌ریزی شده بود. این مرحله، با دشواری‌های اجرایی پیش‌بینی‌نشده زیادی که ناشی از عمق ناچیز آب و یا بستر باتلاقی با ناکارآمدی هرگونه وسایط نقلیه در کریدورهای موردنظر، در تابستان ۹۷، به سرانجام رسید.

مرحله چهارم، تکرار مراحل اول و دوم پروژه در پیرامون پل میان‌گذر در مهر ۹۷ بود.

مرحله پنجم طرح (موضوع گزارش حاضر)، انجام عملیات هیدروگرافی در ۲۴ کریدور دریایی در محدوده‌های شمال، وسط و جنوب دریاچه یعنی تکرار مراحل اول و سوم می‌باشد.

تشریح فرایند برداشت‌های میدانی مرحله پنجم اساس این گزارش را تشکیل می‌دهد. داده‌های میدانی پس از پردازش در قالب نمودار تغییرات تراز بستر، به‌صورت هاردکپی (نسخ چاپی) و سافت کپی (لوح فشرده) ضمیمه گزارش می‌باشد. بخش نخست محتوای گزارش، لزوم توجه ویژه به ابلاغیه‌های رسمی و غیررسمی پروژه، پایبندی به استانداردها و رعایت دستورالعمل‌های تخصصی سازمان نقشه‌برداری و تهیه سناریوی عملیات اختصاص دارد؛ سپس، تجهیزات مورد استفاده، کالیبراسیون آن‌ها و پاره‌ای از قابلیت‌های کاربردی و محدودیت دستگاه‌های که در داده‌برداری میدانی مورد استفاده قرار می‌گیرد تشریح شده است؛ در بخش بعدی، مجموعه اقدامات و عملیات هیدروگرافی به تفصیل مورد بحث قرار گرفته و در خلال مطالب، نقشه‌ها،

 پژوهشگاه فضایی ایران پژوهشکده مکانیک شیراز	هیدروگرافی و تهیه پروفایل از بستر دریاچه ارومیه (مرحله پنجم)	 ستاد احیای دریاچه ارومیه
--	---	---

نمودارها و تصاویر تهیه شده از کریدورهای برداشت داده، ارائه شده است. بعلاوه، تکرار برداشت در نقاطی از مسیرهای انتخابی و مقایسه تغییرات کوتاه مدت اثر افزایش تراز سطح آب در کاهش تراز بستر، مقایسه نتایج هیدروگرافی و نمودارهای تغییرات تراز بستر در مرحله پنجم با مرحله سوم، انجام برداشت های تصادفی بین خطوط در سراسر دریاچه و همچنین، نمونه برداری از آب دریاچه در کریدورهای مورد نظر و نتایج آزمایش بر روی نمونه ها، مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان، ضمن جمع بندی مطالب، به پاره ای از محدودیت های پیش رو اشاره شده است.

جا دارد مراتب سپاسگزاری و قدردانی مسئولین پژوهشکده را از حسن توجه و مساعدت مسئولین و کارشناسان ارجمند ستاد احیای دریاچه ارومیه، سازمان نقشه برداری کشور، شرکت مهندسی مشاور تیوکاوان اطلس و دیگر همکاران پروژه ابراز نماید.

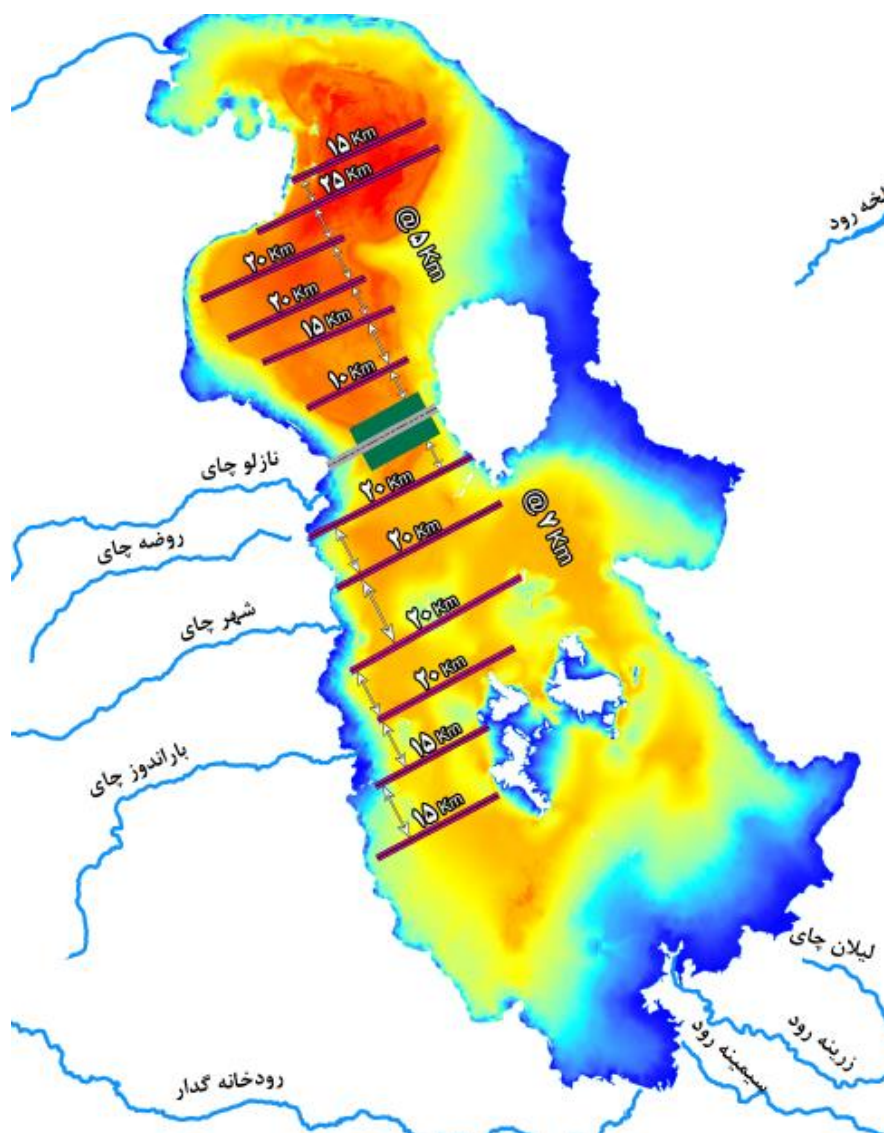
۲. شناسایی میدانی و تهیه سناریوی عملیات هیدروگرافی

در مرحله اول و با توجه به لزوم بازدید میدانی از محدوده‌های کاری تعریف‌شده توسط ستاد احیای دریاچه، کارشناسان فنی و میدانی قبل از شروع عملیات جمع‌آوری داده‌های محیطی به بررسی وضعیت دریاچه به‌صورت کلی اقدام کردند. این فعالیت به‌عنوان پیش‌نیاز طراحی سناریوی برداشت و برنامه‌ریزی برای عملیات اجرایی صورت گرفت.

تهیه سناریوی عملیات داده‌برداری و پیاده‌سازی مسیرهای برداشت در کریدورهای دریایی بر اساس نقاط ارائه‌شده از سوی ستاد احیای دریاچه و نیز، با رعایت دستورالعمل‌های مربوط به نشریه ۱۱۹ انجام شد.

طرح هیدروگرافی مرحله پنجم، درواقع ترکیب مراحل نخست و سوم نقشه‌برداری است که در اسفندماه ۹۷ با ابلاغ از طرف ستاد احیای دریاچه ارومیه کلید خورد. داده‌برداری این مرحله در ۲۴ کریدور در مناطق شمال، میانی و جنوب دریاچه به‌صورت یکپارچه پیش‌بینی‌شده بود. در راستای اجرای این مرحله، نخست برای آگاهی قبلی از شرایط هیدرولوژیکی و فعالیت‌های دریانوردی، از دریاچه بازدید و شناسایی به عمل آمد.

شاکله سناریوی مرحله پنجم پروژه، شامل ۱۲ مسیر موازی با ۱۰ کیلومتر طول و فواصل ۵۰۰ متر در مجاورت و طرفین جاده میان‌گذر و ۱۲ کریدور با طول‌ها و فواصل متفاوت در شمال و جنوب دریاچه می‌باشد (شکل ۱). به‌علاوه داده‌برداری تصادفی در بین مسیرهای بیست و چهارگانه از شمال تا جنوب دریاچه نیز پیش‌بینی شده است. مختصات نقاط شروع بر اساس ابلاغیه ستاد احیای دریاچه تعیین‌شده بود ولی نقاط انتهایی مسیرها و طول آن‌ها که در مرحله قبلی پروژه حداقل ۱۰ و حداکثر ۲۵ کیلومتر پیش‌بینی‌شده بود، در این مرحله، به امکان‌پذیری عملیات میدانی در پهنه آبی (از آب تا آب) واگذار شده بود.



شکل ۱. سناریوی پیشنهادی (حدودی) هیدروگرافی در کریدورهای بیست و چهارگانه دریاچه

۳. تجهیزات

در اجرای عملیات هیدروگرافی این مرحله مانند مراحل قبل، از انواع تجهیزات ابزار دقیق و دستگاه‌های نقشه‌برداری/هیدروگرافی که مشخصات تجاری، قابلیت و کاربرد آن‌ها در ادامه اشاره شده، استفاده گردیده است:

- دستگاه اکوساندر مدل HD-MAX

- دستگاه اکوساندر GPSmap 238 Sounder

- GPS

- قایق ۲۰ فوت موتور Yamaha-150

در ادامه، اجمالاً گوشه‌ای از مشخصات و قابلیت‌های کاربردی دستگاه اکوساندر مورد بررسی قرار گرفته است. دستگاه اکوساندر به‌عنوان یک سیستم سونار از اجزای فرستنده و گیرنده آکوستیکی با فرکانس معین و الگوریتم پردازشی تشکیل یافته است. قابلیت‌های اکوساندرهای نسل جدید مالیتی بیم زیاد و در مقایسه با اکوساندرهای تک بیم نسل قدیم، دارای مزیت‌های بیشتری می‌باشد.

عموماً، پاره‌ای از شرایط فیزیکی حاکم بر محیط انتشار می‌تواند کارایی و دقت داده‌های دستگاه‌های اکوساندر را تحت تأثیر قرار دهد؛ فاکتورهای مانند، دما، شوری، عمق آب و حتی جنس رسوب بستر ولی در مناطق دریایی کم‌عمق که امکان تست و مقایسه عملی داده‌ها وجود دارد، محلی برای بروز تردید در داده‌های به‌دست‌آمده باقی نمی‌ماند و با انجام آزمایش‌های عملی به‌سادگی قابل ارزیابی و اصلاح هستند.

به‌طور مثال، فاکتور عمق و احیاناً خواص پتروفیزیکی و مورفولوژی بستر در مناطقی مانند دریاچه ارومیه به دلیل عمق ناچیز آب، حائز اهمیت است و توجه به کنترل سرعت داده‌برداری (حرکت قایق) را ضروری می‌سازد.

در مشخصات فنی دستگاه‌های اکوساندر، غالباً حساسیت در سقف سرعت داده‌برداری است (نباید از ۱۰ کیلومتر بر ساعت تجاوز کند) ولی بارها در عمل مشاهده شده که در مناطق کم‌عمق، عدم رعایت سرعت بهینه داده‌برداری (در شرایط جوی پایدار پنج کیلومتر بر ساعت)، ممکن است در ارسال و بازیافت امواج آکوستیک سونار اختلال ایجاد کرده و دستگاه فقط اطلاعات ناوبری GPS را ذخیره نماید. البته، در چنین شرایطی داده‌های مقادیر عمق آب به دلیل تشدید عوامل خطا به صورت خودکار حذف و فقط مختصات جغرافیایی و اطلاعات ناوبری مسیر ثبت می‌گردد.

این مسئله با درجه اهمیت کمتر در مورد جنس همراه با مورفولوژی بستر نیز، صادق است. سونارهای اکوساندر که پالس‌های آکوستیکی را با فرکانس ۲۰۰ کیلوهرتز پینگ می‌کنند در برخورد با رسوبات سخت و صخره‌ای، دارای پژواک واضح‌تر و در نتیجه در نمایش گرافیکی آنلاین بستر دارای رزولوشن بیشتری هستند. ولی در بسترهای که از جنس نرم با پوشش سست تشکیل شده باشد به دلیل نفوذ امواج در گل‌ولای امواج بازگشتی تضعیف شده و نمایش لایه‌مرزی بین آب و بستر، وضوح کمتری خواهد داشت. البته، الگوریتم‌های پردازشی دستگاه به گونه‌ای طراحی شده که مقادیر کمی مبهم را به صورت خودکار حذف می‌کند.

همچنین، کیفیت شکل و مورفولوژی بستر در الگوریتم‌های پردازشی دستگاه‌های آکوستیک در شمار عوامل ایجاد خطا هستند. اصولاً، قابلیت کشف سیستم‌های سونار در محیط انتشار ناهمگن و با چگالی مختلف و متخلخل (اسفنجی) چالش برانگیز است. پیچیدگی توپوگرافی بسترهای مناطق مرجانی و در دریاچه ارومیه برجستگی‌ها و استلاگمیت‌های نمکی در هم از عوامل خطای دستگاه در نمایش گرافیکی بستر محسوب می‌شوند.

راهکار ساده کنترل کارکرد طبیعی دستگاه اکوساندر و اطمینان از کالیبره بودن آن، انجام آزمایش عملی در نوبت‌های مختلف عملیات داده‌برداری در محیط است. این آزمایش می‌تواند در حین عملیات دریانوردی و یا

در آزمایشگاه/کارگاه صورت گیرد. روش تست ساده است و در منطقه کم عمق ساحلی (شکل ۲)، استخر آب یا حتی در یک سطل حاوی آب در منزل نیز، امکان پذیر می باشد؛ یعنی، به وسیله متر و با اندازه گیری مستقیم فاصله بین پروژکتور (کف ترانسدیوسر) و بستر و مقایسه مقدار آن با عدد عمق در نمایشگر دستگاه، کارکرد و دقت آن قابل ارزیابی است. بدیهی است، آزمایش در محیط انتشار واقعی از ارزش و اعتبار به مراتب بیشتری برخوردار خواهد بود.



شکل ۲. کنترل عمق آب در حین داده برداری در دریاچه ارومیه توسط کارشناس ناظر سازمان نقشه برداری

۴. عملیات هیدروگرافی

عملیات میدانی فعالیت‌های نقشه‌برداری موضوع گزارش حاضر در ۱۲ اسفند ۹۷ شروع شد. با توجه به شرایط هیدرولوژیکی جدید یعنی، افزایش نسبی تراز سطح آب، امکان تردد قایق در بسیاری از مناطق غیر حاشیه میسر گردیده بود. به همین دلیل و برخلاف گذشته، امکان استفاده از اکوساندر در بخش‌های زیادی از دریاچه وجود داشت. البته مانند دوره‌های گذشته و برحسب شرایط هیدرولوژیک، غالباً، داده‌برداری توأمان با هر دو روش هیدروگرافی و RTK صورت پذیرفت. مختصات نقاط شروع (ابلاغی) و پایان مسیرهای بیست و چهارگانه برداشت در این مرحله در جداول ۱ ارائه شده است.

با توجه به بهبود نسبی شرایط دریانوردی داده‌برداری میدانی در این مرحله آسان‌تر از قبل بود. سرعت عملیات هیدروگرافی نسبت به دوره‌های گذشته بیشتر و مجموعه اقدامات داده‌برداری در زمان کوتاه‌تری پیش رفت. در اصل، امکان اتمام برداشت میدانی در روزهای پایانی سال گذشته وجود داشت ولی به دلیل این‌که ستاد احیای دریاچه برنامه‌ریزی کرده بود از عملیات هیدروگرافی در مسیرهای L11، L12 در منتهی الیه شمال و همچنین، مسیر R12 در منتهی الیه جنوب محدوده حضورداشته باشد، شروع تعطیلات پایان سال باعث شد برداشت در مسیرهای مذکور به فروردین‌ماه امسال موکول شود.

در پایان تعطیلات عید نوروز، برنامه‌ریزی جهت تکمیل برداشت‌های میدانی در کریدورهای باقیمانده، انجام شد و بازدیدهای که در برنامه فروردین پیش‌بینی شده بود به زمان دیگری موکول گردید لذا، عملیات هیدروگرافی در مسیرهای L11، L12 و R12 و دیگر برداشت‌های باقیمانده تا ۲۵ فروردین خاتمه پذیرفت.

درمجموع طول مسیرهای عرضی برداشت ۳۷۵ کیلومتر و داده‌برداری تصادفی در بین خطوط، بیش از ۹۸ کیلومتر می‌باشد. در عمیق‌ترین قسمت‌ها در مناطق شمال و جنوب، ارتفاع آب دو و نیم متر و در نقاط

محدودی در زیر و پیرامون پل شهید کلانتری بالغ بر سه متر بود که جزئیات تفصیلی آن در نقشه‌های فنی قابل جستجو هست.

جدول ۱: مختصات نقاط شروع و پایان مسیرهای داده‌برداری شده

ردیف	مسیر	مختصات شروع		مختصات پایان		طول مسیر (کیلومتر)
		X	Y	X	Y	
۱	L1	526367.58	4179482.5	535202.13	4184265.7	10
۲	L2	526129.19	4179922	534918.51	4184679.4	10
۳	L3	525890.79	4180361.6	534704.19	4185131.9	10
۴	L4	525652.4	4180801.1	534443.51	4185559.4	10
۵	L5	525414	4181240.6	534206.01	4185999.4	10
۶	L6	525175.61	4181680.1	533968.51	4186439.3	10
۷	L7	519609.35	4184646.9	533614.23	4191494.7	14.8
۸	L8	513145.575	4190140.5	532961.81	4198368.9	19.2
۹	L9	508400.545	4193024.5	529892.34	4202572	21.8
۱۰	L10	505711.37	4198350.1	532745.49	4210139.9	26.4
۱۱	L11	513875.162	4207384.6	539393.7	4219716	29.1
۱۲	L12	517940.185	4213712.8	539681.09	4223937.7	23.8
۱۳	R1	526463.4	4179305.9	535250.56	4184064.2	10
۱۴	R2	526701.79	4178866.4	535515.38	4183639	10
۱۵	R3	526940.19	4178426.9	535747.56	4183196.1	10
۱۶	R4	527178.58	4177987.4	535961.63	4182742.6	10
۱۷	R5	527416.97	4177547.9	536218.95	4182314.2	10
۱۸	R6	527652.7	4177107.6	536438.06	4181864.2	10
۱۹	R7	525202.731	4170905.7	537272.29	4176906.7	12.4
۲۰	R8	524670.076	4162479.1	543130.91	4171999.9	20.2

۲۱	R9	526529.292	4151973.4	556145.59	4168401	32.4
۲۲	R10	529149.661	4145256.6	557325.56	4160268.3	31.6
۲۳	R11	531200	4138113	541442.59	4143524.4	11.2
۲۴	R12	533392.697	4130038.4	544285.52	4135805.5	12.1

۴.۱. مسائل برداشت در مسیرهای L12 و R12

عملیات برداشت در کریدورهای L12 و R12 در محدوده‌های شمال و جنوب دریاچه به‌عنوان نمونه از بین خطوط بیست و چهارگانه مورد مطالعه انتخاب و مسائل آن تشریح شده است. فاصله بین پل شهید کلانتری تا L12، ۳۵ و تا R12 بیش از ۵۲ کیلومتر است. تیم داده‌برداری میدانی در ۹۸/۱/۲۱ با قایق موتوری باهدف انجام هیدروگرافی در کریدور L12، اقدام کرد. با توجه به شرایط هیدرولوژیکی دریاچه، قایق تا ساحل روستای گورچین قلعه نزدیک و عملیات هیدروگرافی بر روی این مسیر از سمت غرب شروع شد (شکل ۳). در مرحله سوم هیدروگرافی در تابستان گذشته سامانه شمیم در این محدوده فاقد سیگنال پیوسته و مناسب بود این محدودیت در این مرحله هم همچنان برقرار بود /از این رو، عملیات برداشت با تدبیر ویژه جهت دریافت سیگنال سامانه شمیم انجام شد (شکل ۴).



شکل ۳. داده برداری در نزدیکی ساحل غربی مسیر L12



شکل ۴. عملیات داده برداری در بخش غربی مسیر L12



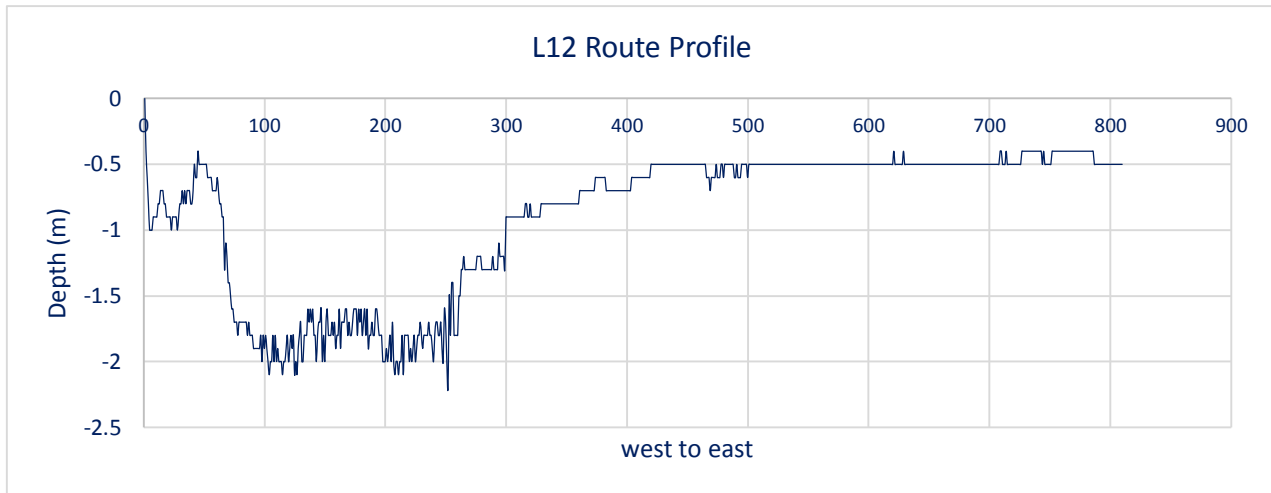
شکل ۵. صفحه نمایش کنترلر در حین داده برداری در مسیر L12 (عمق ۲,۱ و دمای آب ۱۵,۷)

بر سر راه برداشت در این مسیر (L12)، در حدود شش کیلومتری بندر شرفخانه در ساحل شرقی، یک کشتی (به زبان محلی گمی) لنگر شده وجود دارد که با افزایش تراز سطح آب دریاچه، شناور شده است (شکل ۶). داده برداری هیدروگرافی تا سه کیلومتری بندر شرفخانه ادامه پیدا کرد و به دلیل کاهش عمق آب به کمتر از ۵۰ سانتیمتر، در باقیمانده مسیر تا خشکی، تردد با قایق امکان پذیر نبود لذا، تا همین جا بسنده شد.



شکل ۶. کشتی در مسیر هیدروگرافی L12 در نزدیکی ساحل بندر شرفخانه

تغییرات توپوگرافی و تراز بستر در تمام کریدورهای بیست و چهارگانه با جزئیات کافی در نقشه‌های پیوست گزارش، در نسخ چاپی قابل بررسی است و در شکل‌های ۷ و ۱۱، این نوسانات برای هر دو مسیر مورد بحث (L12 و R12) به عنوان نمونه در مقیاس افقی فشرده ارائه شده است. همان گونه که در شکل زیر دیده می‌شود، نمودار تغییرات عوارض بستر و تراز سطح آب در قسمت شمال دریاچه از ابتدای L12 از سمت غرب (چپ) تا در حوالی بندر شرفخانه در شرق را برای ۲۱ فروردین ۹۸ نشان می‌دهد. در حدود یک سوم از این مسیر دریایی ۲۳/۸ کیلومتری در قسمت‌های غرب دریاچه، عمق آب حدود دو متر است. تغییرات به سمت شرق به تدریج و با آهنگ ملایم‌تری کاهش می‌یابد بطوریکه در نیمه شرقی، عمق آب به کمتر از ۵۰ سانتیمتر نشان می‌دهد.



شکل ۷. تغییرات عمق آب در مسیر L12 در محدوده هیدروگرافی شمال دریاچه ارومیه - مورخه ۹۸/۱/۲۱

هیدروگرافی در مسیر R12 در منتهی الیه محدوده مورد مطالعه در جنوب دریاچه، در روز بعد، یعنی ۹۸/۱/۲۲، انجام شد. این منطقه در ۵۲ کیلومتری جنوب جاده میان گذر واقع است. در اواخر اسفندماه سال قبل، تردد قایق از محدوده R11 به سمت جنوب به دلیل عمق کم آب امکان پذیر نبود ولی، در ۲۲ فروردین به دلیل افزایش تراز سطح آب دریاچه تردد بین مسیر R11 تا R12 در هشت کیلومتری جنوب آن امکان پذیر شده بود.

عملیات برداشت در حوالی (۱۸۰ متری) پیش بینی شده برای ابتدای مسیر در کرانه غربی آغاز شد. هنوز بین آن تا خشکی ۶/۴ کیلومتر فاصله باقی بود. با وجود عمق کم آب (۵۰ سانتیمتر) که به سمت ساحل رفته رفته کمتر می شد امکان تردد با قایق وجود نداشت. باتلاقی بودن بستر، امکان راهپیمایی در آب را هم سلب می کرد. عملیات داده برداری در مسیر پیش بینی شده از غرب به سمت جزیره اشک ادامه پیدا کرد. به دلیل کاهش تراز سطح آب به ویژه، موانع ناشی از برجستگی های گلی مخروطی شکل بر سر راه قایق (شکل ۸)، امکان نزدیک شدن به ساحل جزیره اشک نیز، میسر نبود. با وجود اینکه هنوز عمق آب اجازه می داد تا بیش از این به جزیره نزدیک شد، ولی شرایط جوی ناپایدار و نیز، گل آلود بودن آب که مانع از دید برجستگی های

مزبور می‌گردید باعث شد تا داده‌برداری در ۴ کیلومتری جزیره اشک متوقف و به همین مقدار نزدیکی به جزیره بسنده شد. در شکل‌های ۹ و ۱۰ به صورت نمونه آثار باتلاق در بستر را می‌توان مورد مشاهده قرارداد.



شکل ۸. برجستگی‌های گلی و عمق کم آب مانع از ادامه هیدروگرافی تا جزیره اشک شد

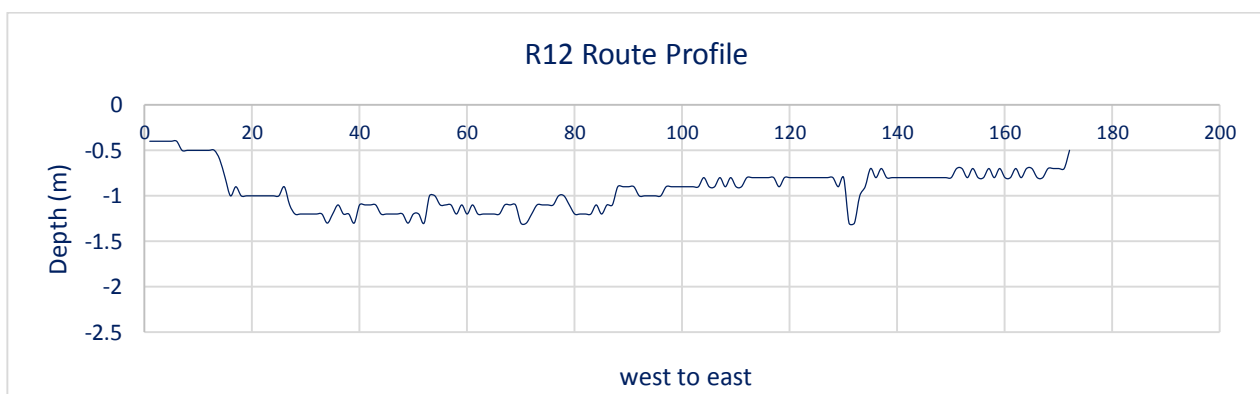


شکل ۹. مشکلات دریانوردی در نواحی کم عمق با بستر باتلاقی در مسیر R11



شکل ۱۰. شدت باتلاقی بودن بستر را از روی داغی لجن روی چوبی که با فشار دست در بستر فرو شده قابل توجه است

در شکل ۱۱، تغییرات توپوگرافی بستر و تراز سطح آب دریاچه در مسیر R12 واقع در محدوده جنوب دریاچه برای ۲۲ فروردین ۹۸ را نشان می‌دهد. در عمیق‌ترین قسمت کریدور ۱۱ کیلومتری، بالاترین تراز سطح آب از بستر در نیمه غربی ۱/۳ متر می‌باشد که در بخش‌های شرق و نزدیک جزیره اشک به ۷۰ سانتیمتر کاهش پیدا کرده است.



شکل ۱۱. تغییرات عمق آب در مسیر R12 در محدوده هیدروگرافی جنوب دریاچه - مورخه ۹۸/۱/۲۲

۴.۲. تکرار برداشت در مسیرهای L9-L10

با توجه به ورود حجم قابل توجهی از آب در فروردین، ستاد احیای دریاچه باهدف آگاهی از تأثیر کوتاه‌مدت افزایش تراز سطح آب در انحلال رسوبات نمکی بستر و احیاناً کاهش تراز بستر، درخواست تکرار داده‌برداری در بخش‌های از مسیرهای L9-L10 در محدوده شمال دریاچه را نمود. این درخواست در ۲۳ فروردین محقق گردید (در پنج نقطه داده‌برداری انجام و نمونه آب برداشت شد). نتایج داده‌برداری قبلی (اسفند) در کنار نتایج برداشت جدید و ترازهای بستر و سطح آب مربوط به آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس مندرجات این جدول، اجمالاً، میزان تغییرات تراز بستر در مدت یک‌ماهه در نوع خود قابل توجه و تعمق است. مقادیر عددی تغییرات و کاهش تراز بستر در آن‌ها، حدود ۱۰ تا ۳۴ سانتیمتر را نشان می‌دهد. درواقع، در نقاطی که بر روی مسیر L10 داده‌برداری تکرار شد، به‌طور میانگین حدود ۲۴ و در مسیر L9،

۱۳ سانتیمتر کاهش تراز بستر وجود دارد و میانگین تغییر در محدوده این کریدورها در مدت یک‌ماهه، بالغ بر ۱۸/۵ سانتیمتر می‌باشد.

جدول ۲. نتایج تکرار برداشت و تغییرات یک‌ماهه در مسیرهای L9 - L10

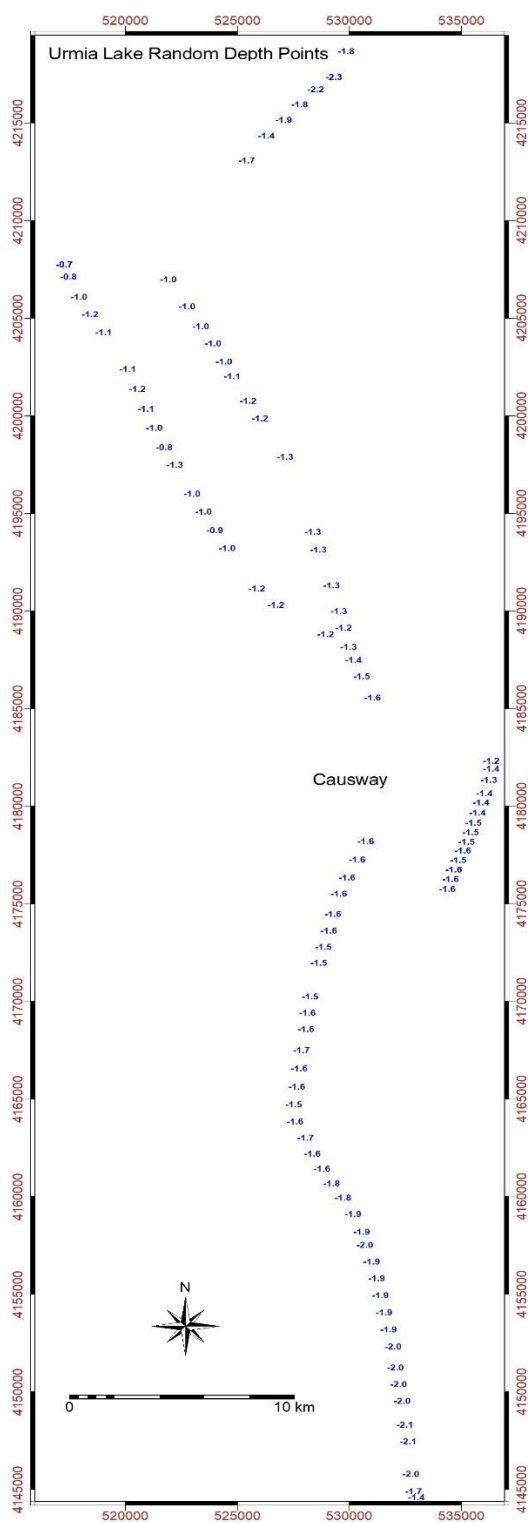
اختلاف ارتفاع	H(98/01/23)	H (97/12/25)	Y(98/01/23)	X(98/01/23)	Y(97/12/25)	X (97/12/25)	L10
-0.289	1270.33	1270.61	4204677.65	520270.34	4204683.56	520270.41	1
-0.223	1270.60	1270.83	4204923.76	520848.68	4204924.56	520851.23	2
-0.342	1270.37	1270.71	4205128.45	521303.09	4205127.50	521307.20	3
-0.22	1270.58	1270.80	4205349.48	521837.63	4205345.90	521830.40	4
-0.118	1270.59	1270.71	4205499.69	522255.57	4205504.34	522251.77	5
0.46			1271.51		1271.05		تراز آب
اختلاف ارتفاع	H(98/01/23)	H (97/12/25)	Y(98/01/23)	X(98/01/23)	Y(97/12/25)	X (97/12/25)	L9
-0.179	1270.50	1270.68	4198599.57	520969.31	4198599.71	520969.17	1
-0.107	1270.63	1270.74	4198712.31	521212.59	4198709.21	521208.91	2
-0.139	1270.60	1270.74	4198917.54	521698.94	4198911.23	521697.08	3
-0.112	1270.68	1270.79	4199028.18	521922.51	4199026.10	521933.74	3
-0.122	1270.56	1270.68	4199160.12	522243.01	4199162.15	522251.49	5
0.46			1271.51		1271.05		تراز آب

۴.۳. برداشت‌های تصادفی بین خطوط

با توجه به شرایط هیدرولوژی جدید و تأکید ستاد احیای دریاچه، علاوه بر داده‌برداری در مسیرهای مذکور، در پنج مسیر جدا از هم در دیگر مناطق دریاچه نیز، به‌صورت تصادفی داده‌برداری انجام شد. موقعیت این مسیرها که جمعاً بیش از ۹۸ کیلومتر طول دارند را در شکل ۱۲ می‌توان مشاهده کرد. گوشه‌ای از نتایج پس از پردازش در قالب نقشه Point map در شکل ۱۳ ارائه‌شده است.



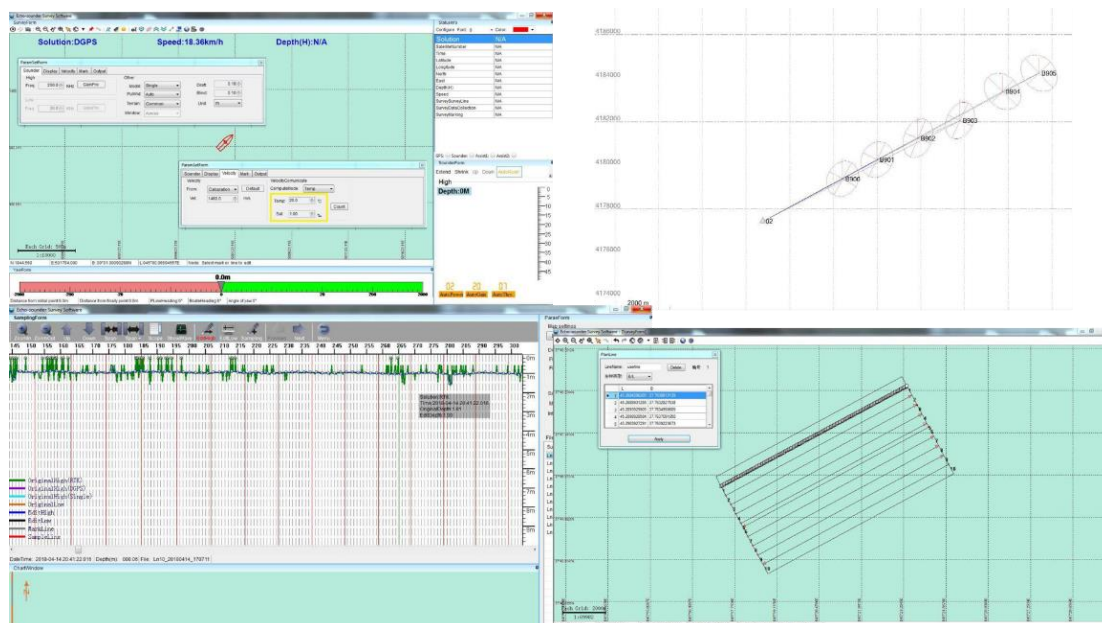
شکل ۱۲. موقعیت مسیرهای برداشت تصادفی در مناطق مختلف دریاچه



شکل 13. پاره‌ای از نتایج داده‌برداری بین خطوط در دریاچه (عمق به متر)



شکل ۱۴. تصاویری از عملیات هیدروگرافی و نقشه‌برداری به روش RTK در دریاچه



شکل ۱۵. تصاویر از داده‌های اکوساندر در صفحه نمایشگر

۵. مبنای ژئوئید/مسطحاتی و تصحیحات

بعد از برداشت‌های میدانی نوبت انتقال داده‌های خام، تنظیم و اعمال ضرایب و تصحیحات لازم، پردازش با نرم‌افزارهای نقشه‌برداری و GIS، و سرانجام چاپ آن‌ها در نسخ و ابعاد موردنظر در قالب فعالیت‌های مهندسی دفتری بود.

با توجه به قابلیت GPS چندفرکانسه نسل جدید که دارای دقت در حد میلی‌متر می‌باشد، تصحیح مبنای مسطحاتی کمتر ضرورت پیدا می‌کند ولی در مورد مبنای سطح ژئوئید ممکن است ناگزیر از اعمال پاره‌ای تصحیحات باشد.

در فرایند داده‌برداری که شامل تعیین موقعیت، اندازه‌گیری تراز سطح و کف آب می‌باشد در نقاط پیش‌بینی‌شده سناریوی داده‌برداری، با پردازش آنلاین و مشخص شدن میزان خطا توسط دستگاه روور، در صورتی که خطای محاسبه شده در حد مجاز (حدود ۲-۳ میلی‌متر) باشد، عملیات برداشت نهایی تلقی و اطلاعات ذخیره می‌گردد.

سامانه شمیم ارتفاع بستر دریاچه را از سطح بیضوی مرجع محاسبه می‌کند که در مقایسه با سطح ژئوئید تفاوت دارد. لذا، تبدیل ارتفاع تمام نقاط در طول مسیرها از سطح بیضوی مرجع به سطح ژئوئید، از اختلاف ارتفاع حاصل از شمیم با عملیات ترازبازی حاصل از ایستگاه‌های مرجع استفاده شد. میانگین اختلاف این دو سطح در ایستگاه‌های مرجع، عدد ۱۸ می‌باشد. لذا، جهت تعیین ارتفاع دقیق نقاط، عدد ۱۸ از ارتفاع حاصل از سامانه شمیم (بیضوی مرجع) کسر گردید تا ارتفاع نقاط برداشت‌شده با بیشترین دقت و کمترین خطا به ارتفاع از سطح ژئوئید تبدیل گردید.

شایان است، تمام نرم‌افزارهای موجود و فرمول‌های تبدیل ارتفاع بیضوی مرجع به ارتفاع ژئوئید که در منطقه‌ای کوچک کاربرد پیدا کنند، اغلب با خطا همراه هستند. از این‌رو، خطای این روش‌ها بایستی مطابق با

شرایط هر منطقه سرشکن شده و الگوریتم‌های آن کالیبره شود. با توجه به موارد فوق و وسعت محدوده دریاچه ارومیه از این روش کاربردی استفاده گردیده است.

۶. تراز سطح آب دریاچه ارومیه

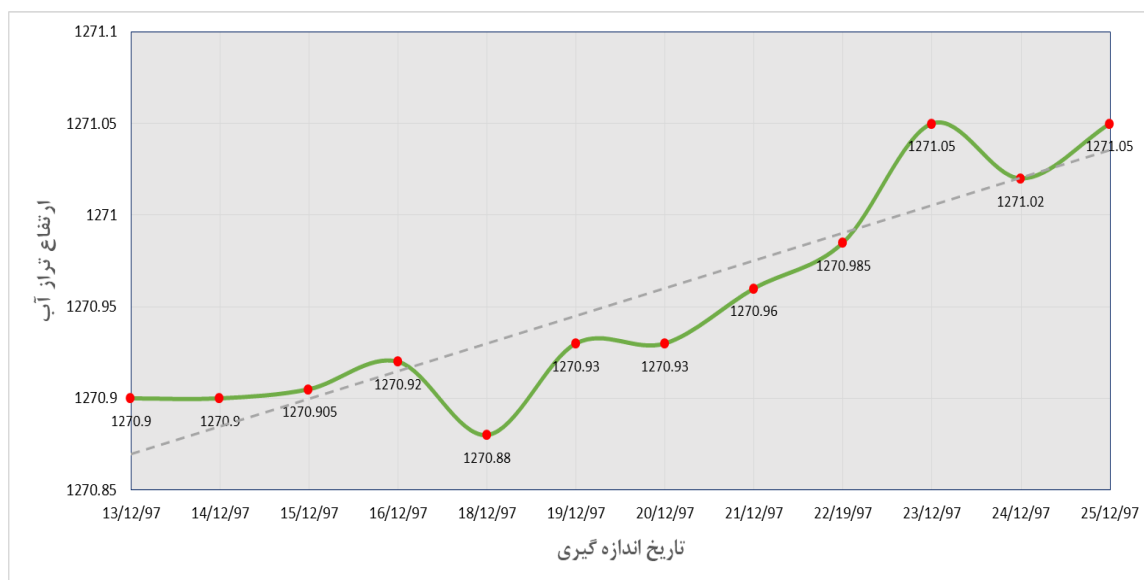
در مرحله پنجم نقشه‌برداری از دریاچه، مانند دوره‌های قبل تراز سطح آب دریاچه ارومیه به‌صورت روزانه اندازه‌گیری و با اطلاعات ثابت بنچ مارک‌های احداث شده بر روی جاده میان‌گذر مورد مقایسه قرار می‌گرفت. در این دوره، اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری‌ها از طریق ترازبایی با مقادیر اشل نصب‌شده توسط ستاد احیای دریاچه در ستون پل شهید کلانتری نیز، مورد مقایسه قرار می‌گرفت (شکل ۱۶).



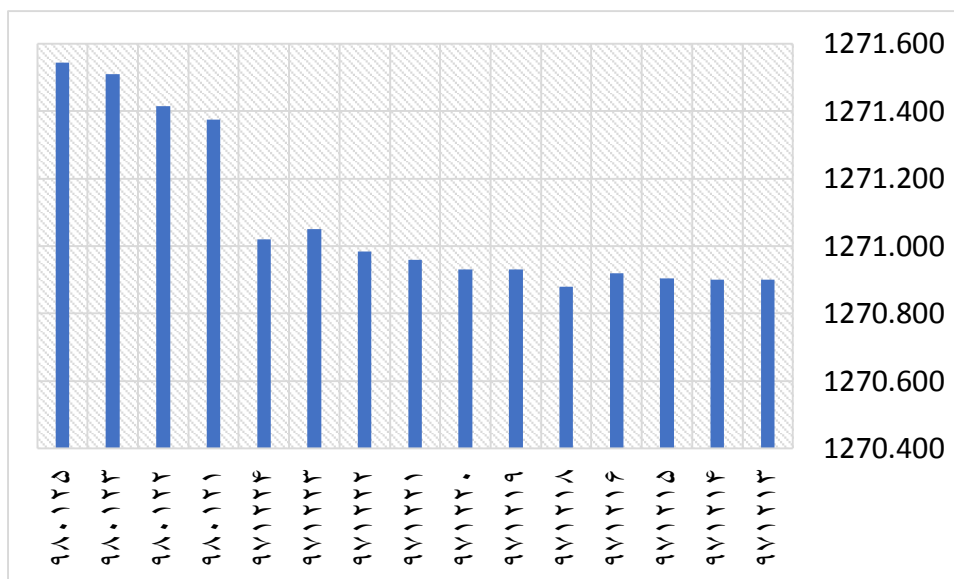
شکل ۱۶. تصاویر بنچ مارک و ثبت تغییرات تراز سطح آب از روی اشل نصب‌شده در ستون پل شهید کلانتری

بر اساس کنترل و اندازه‌گیری روزانه تغییرات تراز سطح آب دریاچه در فرایند اجرای مرحله پنجم عملیات هیدروگرافی، بین ۹۷/۱۲/۱۳ لغایت ۱۳۹۷/۱۲/۲۵ تراز سطح آب به میزان ۱۵ سانتیمتر افزایش نشان می‌دهد. با توجه به آورده رودخانه‌ها و شبکه‌های زهکشی حوضه آبخیز دریاچه و تبخیر ناچیز در زمستان،

انتظار می‌رفت روند تراز سطح آب مثبت باشد ولی، تغییرات کوتاه‌مدت تراز سطح آب این دوره به‌مراتب محسوس‌تر از گذشته بود. در شکل زیر (۱۷) نمودار تغییرات تراز سطح آب در دوره کوتاه ۱۲ روزه و شکل ۱۸ نمودار تغییرات تراز در بازه ۱۳ اسفند ۹۷ تا ۲۵ فروردین ۹۸ به‌عنوان نمونه ارائه شده است. نوسانات موجود در تراز سطح و روند تغییرات، به رژیم وزش بادهای این فصل و در نتیجه جابجایی آب به دیگر مناطق دریاچه و همچنین، خطای مشاهده و قرائت اشل در شرایط متفاوت آرامش و تلاطم آب دریا ارتباط دارد.



شکل ۱۷. نمودار تغییرات تراز سطح آب دریاچه از ۱۳ تا ۲۵ اسفند ۹۷



شکل ۱۸. نمودار تغییرات تراز سطح آب دریاچه از ۱۳ اسفند ۹۷ تا ۲۵ فروردین ۹۸

۷. مقایسه نتایج

قبل از بررسی نتایج هیدروگرافی که در قالب پروفایل توپوگرافی در چند دوره از مقاطع دریاچه تهیه و به صورت نمودار ارائه شده است، لازم است نکته مهمی را در تبیین کلیات توپوگرافی دریاچه، به عنوان یک ساخت زمین شناسی متذکر شود.

اگر از ساختار پاره‌ای از واحدهای توپوگرافی دریاچه مانند جزایر و واحدهای مورفولوژی وابسته به آن‌ها، آثار امتداد جریان‌های رودخانه‌ای و همچنین، در مقیاس کوچک استلاگمیت و برجستگی‌های نمکی که بسته به شرایط هیدرولوژی، مکان و ابعاد هندسی آن‌ها مدام در حال تغییر هست، تعمداً چشم‌پوشی شود، دریاچه ارومیه در قالب یک دشت محصور با شیب توپوگرافی ناچیز در دوره‌های با بیلان مثبت هیدرولوژی حوضه آبخیز خود، عمق ناچیزی از آب آن را می‌پوشاند و در دوره‌های با بیلان منفی هیدرولوژی با تبخیر تدریجی آب، به نمکزار تبدیل می‌گردد.

باینان این مقدمه و تأکید بر توپوگرافی ساده و تغییرات ناچیز در آن، اجمالاً به توصیف پاره‌ای از تغییرات که از نتایج رژیم‌های ترسیب و انحلال رسوب‌های نمک در سیکل دوره‌های خشک و مرطوب سال رخ می‌دهد اشاره می‌گردد. نمودارها بسیار گویا و توصیف تغییرات در آن‌ها بسیار ساده است و حاجت به هیچ تفسیری نیست. برعکس، این چرایی تغییرات است که در نوع خود بسیار حائز اهمیت و کشف اسباب و علل آن، با تعمق و طرح موضوعات پژوهشی امکان‌پذیر خواهد بود.

در ادامه، از روی نقشه‌ها و پروفایل‌های پیوست گزارش، تغییرات تراز بستر دو مرحله موردبررسی قرارگرفته است. بیان مسائل هر یک از مسیرهای بیست و چهارگانه، به‌صورت جدا از هم و به ترتیب از شمال به جنوب صورت گرفته است:

L12: در شکل ۷ این گزارش، نمودار تغییرات تراز بستر به‌عنوان نمونه و به‌صورت فشرده در این مسیر برای مرحله اخیر هیدروگرافی ارائه شده است. در این کریدور در دوره قبل نزدیک هفت و اخیراً $23/800$ کیلومتر داده‌برداری صورت گرفته است. تراز بستر در هر دو مرحله برداشت قبلی و جدید از ابتدایی مسیر با فراز و فرودهای ملایم شروع می‌گردد. در آغاز، تراز مربوط به برداشت دوره خشک، در بالای تراز جدید و تراز دوره مرطوب در موقعیت طبیعی و نرمال خود قرار دارد. غرض از بکارگیری اصطلاح نرمال این است که در دوره‌های داده‌برداری خشک و مرطوب، در محیطی با شرایط دریاچه ارومیه انتظار این است که مقادیر کمی تراز دوره مرطوب کوچک‌تر از مقادیر کمی دوره خشک باشد. زیرا، ورود آب با غلظت نمک محلول کمتر، باعث فعال‌تر شدن پدیده انحلال رسوب نمک بستر شده و تراز موجود را کاهش می‌دهد.

مسیر L12 در امتداد خود در $2+350$ تا $3+200$ با جزیره کوچکی تلاقی پیدا کرده است. تا فاصله حدود یک کیلومتر شرق این جزیره، تراز قبلی نرمال و در بالای تراز جدید می‌باشد که پس‌از آن همراه با فرازوفرو در ترازها، شاهد تداخل و توالی نمودارها است. از کیلومتر $7+200$ به بعد، بررسی تغییرات فقط از

روی داده‌های دوره اخیر صورت گرفته است چون به دلیل مشکلات تردد در تابستان داده‌برداری از این نقطه به بعد امکان‌پذیر نبود. نتایج برداشت اخیر نشان‌دهنده تداوم فراز و نشیب بستر با روند ملایم و گاهی تندتر تا نزدیکی بندر شرفخانه است. دامنه تغییرات عموماً کمتر از نیم متر و در پاره از نقاط محدود نزدیک یک متر نشان می‌دهد؛

L11: در این کریدور در دوره قبل شش و اخیراً ۲۵+۴۰۰ کیلومتر داده‌برداری صورت گرفته است. در شش کیلومتر نخست که نتایج دو مرحله در نمودار به نمایش درآمده، تراز بستر قبلی تقریباً یکنواخت و تغییرات در بخش انتهایی آن کمی دستخوش نوسان شده است بعلاوه، از ابتدای مسیر تا ۳+۶۰۰، نمودار مربوط به دوره قبل بالاتر از نمودار جدید قرار دارد و از اینجا تا ۶+۰۰۰ (انتهای داده‌برداری مرحله قبل)، شاهد تداخل نمودارها در هم است که ناشی از نزدیکی نمودارها به هم (تغییرات ناچیز) همراه با فرازوفروود شدید و که رفته‌رفته اختلاف تراز جدید بیشتر شده است. درواقع تراز جدید از ابتدای مسیر از فرازوفروود زیادی برخوردار است که با کمی تفاوت تا پایان کریدور تداوم دارد. در مقایسه با مسیرهای مجاور، بیشترین فراز و نشیب را در این نمودار می‌توان شاهد بود. به‌طور مثال، اوج این تغییرات در کیلومتر ۷+۹۵۰ از یک هم متر فراتر رفته است. در بسیاری از این مسافت ۲۵/۴ کیلومتری عمق آب در زمان برداشت حدود دو متر بود.

L10: در این کریدور در دوره قبل پنج و اخیراً ۲۴ کیلومتر داده‌برداری صورت گرفته است. ترازبستر مربوط به دوره قبل تقریباً فاقد فرازوفروود و نمودار صاف و یکدست می‌باشد. در صورتی که این شرایط برای تراز جدید متفاوت است بطوریکه، هم تغییرات فرازوفروود بستر در آن شدید است و هم توالی و ترتیب آن از قاعده نرمال پیروی نمی‌کند. در کیلومتر ۴+۱۰۰ و نیز، ۴+۴۵۰ تا ۵+۰۵۰ تراز بستر جدید حدود نیم متر بالاتر از تراز قدیم قرار دارد. در ادامه، روند تغییرات کاهش یافته و شاهد فرازوفروود ناگهانی در بستر نیست. از کیلومتر ۱۰۰+۸ به بعد که مرحله قبلی به دلیل شرایط دشوار محیطی داده‌برداری میسر نشد، صرفاً اطلاعات دوره

جدید در اختیار است و روند تغییرات تراز بستر را تا $11+200$ کندتر نشان می‌دهد که پس‌از آن تا کیلومتر $17+000$ تشدید شده و در بخش‌های انتهایی شرق کریدور، مجدداً دامنه تغییرات دارد.

L9: در این مسیر در دوره قبل $6+800$ و اخیراً 24 کیلومتر داده‌برداری صورت گرفته است. توپوگرافی بستر در برداشت قبلی تقریباً یکدست نشان می‌دهد بطوریکه نمودار تراز قبلی غالباً بافاصله اندکی که نشانه عدم تغییر عمده در شیب بستر است در بالای نمودار جدید قرار دارد اگرچه، توالی آن‌ها در پاره‌ای از موارد محدود، جابجا شده است. اختلاف ترازهای جدید و قدیم در این کریدور غالباً ناچیز و در نقاط معدودی بالغ بر 20 تا 30 سانتیمتر است. از کیلومتر $6+800$ به بعد صرفاً اطلاعات میدانی دوره اخیر ارائه شده که در آن روند تغییرات تراز بستر تدریجی با بسامد پایین می‌باشد. به‌طور مثال، از کیلومتر $11+000$ تا $16+100$ به‌جای فرازوفروند ناگهانی بستر، تغییرات توپوگرافی هم در روند افزایشی و هم کاهشی، کندتر است. درواقع، حکایت از تموج در توپوگرافی بستر دارد که به‌صورت متوالی با نوسان‌های از نوع تحذب و تقعر با فواصل با طول موج حدود 200 متر همراه است. از نقطه $16+100$ تا انتهایی مسیر باقیمانده تراز بستر یکنواخت و با شیب بسیار ملایمی به خشکی کناره شرقی ختم می‌شود؛

L8: در این کریدور در دوره قبل 16 و اخیراً $21/5$ کیلومتر داده‌برداری صورت گرفته است. توپوگرافی بستر در کناره مسیر در هر دو دوره برداشت یکنواخت و افزایش شیب توپوگرافی تا کیلومتر $2+200$ بسیار ملایم است و از این نقطه تا $2+600$ روند افزایش تشدید یافته است. از کیلومتر $3+200$ تا $3+900$ فرازوفروند در ترازهای هر دو دوره به همراه عدم توالی (غیر نرمال) در ترتیب نمودار را شاهد می‌باشد. مجدداً از کیلومتر $400+6$ تا $9+400$ فراز و نشیب به‌ویژه، برای تراز جدید تشدید شده است. دامنه تغییر بین دو تراز، بعضاً از نیم متر هم بالاتر نشان می‌دهد. در کیلومتر $11+400$ باوجود تداوم یکنواختی تراز بستر برای دوره خشک، سیکل دیگری از فرازوفروند تراز بستر جدید شروع و $15+5000$ ادامه می‌یابد به‌طوری‌که در برخی نقاط

تراز قبلی زیر تراز جدید قرار می‌گیرد. در ادامه مسیر به دلیل نبود اطلاعات تراز بستر از دوره خشک امکان مقایسه تغییرات وجود ندارد ولی در داده‌های برداشتی اخیر نشانی از فرازوفروود قابل توجه نیست بلکه، شاهد افزایش تدریجی تراز جدید تا کناره شرقی می‌باشد.

L7: در این مسیر، در دوره قبل نزدیک ۹ و اخیراً ۹۰۰+۱۵ کیلومتر برداشت انجام شده است. در ۵۰۰ متر ابتدای کریدور، احیاناً به دلیل نقش نسبی زهکشی مناطق مجاور، شاهد روند طبیعی کاهش تراز کف در مقایسه با دوره خشک هست ولی بعد از آن حدود پنج کیلومتر از مسیر در دوره جدید با افزایش قابل توجه تراز بستر مواجه است به طوری که نمودار تراز دوره خشک در زیر نمودار دوره مرطوب قرار گرفته است. به نظر می‌رسد تأثیر بازدارندگی جاده میان‌گذر و نیز، تحذب نسبی بستر در این حوالی (کاهش عمق دریاچه) در بروز این آنومالی تأثیرگذار بوده باشد. نقش افزایش تراز سطح آب نیز، بجای افزایش ظرفیت پدیده انحلال نمک، با انتقال جبهه‌ای آب‌های با غلظت شوری بیشتر، به همراه دمای پایین (دو درجه سانتی‌گراد اسفند) باعث تشدید پدیده ترسیب زمستانی در بخش‌های غربی کریدور شده است.

با وجود اینکه در بقیه مسیر این روند عوض شده و نمودار هیدروگرافی دوره جدید به زیر نمودار تابستان جابجا شده است ولی اختلاف تراز بستر بین آن‌ها زیاد نیست. به دلیل نبود اطلاعات هیدروگرافی از دوره خشک در نیمی از ادامه مسیر تا کرانه شرقی، امکان مقایسه تغییرات میسر نیست ولی داده‌های دوره اخیر نشان از تغییرات تدریجی تراز بستر دارد که در حوالی منتهی الیه کریدور، کمی دستخوش فرازوفروود با دامنه وسیع-تر می‌باشد.

L6: در مراحل مختلف هیدروگرافی داده‌برداری در کریدورهای دوازده‌گانه مجاور شمال و جنوب جاده میان‌گذر در طول ۱۰ کیلومتر به صورت کامل صورت گرفته است. در دوره خشک تراز بستر نسبتاً یکنواخت ولی در دوره مرطوب اخیر با فرازوفروود قابل توجهی همراه است. نکته حائز اهمیت دیگر وضعیت نمودار تراز

بستر مربوط به دوره مرطوب سال قبل (فروردین ۹۷) است که در غالب موارد، در بین ترازهای دوره خشک و مرطوب قرار گرفته است که جز این انتظار نبود.

از نیم کیلومتری ابتدای مسیر تا کیلومتر پنج، فاصله بین نمودار دوره خشک و مرطوب حدود نیم متر نشان می‌دهد. در دو کیلومتر بعدی، تغییرات نمودارها کاهش یافته و از کیلومتر هفت تا نه، برخلاف روند مورد انتظار، نمودار جدید به بالای نمودار قبلی شیف‌ت پیدا کرده و در بخش‌های پایانی مجدداً به زیر نمودار دوره قبلی جابجا شده است؛

L5: الگوی تغییرات تراز بستر در این کریدور تا حدودی شبیه مسیر L6 است یعنی، تغییرات تراز بستر دوره خشک تا حدودی ملایم و یکنواخت می‌باشد به‌طوری‌که کمتر دستخوش تغییرات ناگهانی است. بعلاوه تا کیلومتر ۶+۰۰۰، نمودار مربوط به آن در بالای ترازهای دوره مرطوب قرار دارد. در صورتی‌که تراز جدید در بخش اعظم مسیر شاهد فرازوفرو و تغییرات بیشتری می‌باشد و اختلاف آن با تراز قبلی از یک هم فراتر رفته است.

L4: در این کریدور، تراز دوره خشک در بیش از نیمی از مسیر یکنواخت و دست‌کم نیم متر با تراز جدید فاصله دارد. الگوی تغییرات مشابه مسیرهای اخیرالذکر می‌باشد با این تفاوت که نیم کیلومتر از آن یعنی از کیلومتر ۳+۳۰۰، به‌صورت پیوسته شاهد کاهش بیش از یک متری تراز جدید است (غلبه پدیده انحلال). بعلاوه، در پاره‌ای از نقاط فرازوفرو بستر از فرکانس بیشتری برخوردار می‌باشد (مانند کیلومتر چهار تا پنج). از کیلومتر ۵+۴۰۰ تا ۷+۷۵۰ تغییر ترازها ناچیز هستند و در باقی مسیر، مجدداً تغییرات تشدید شده و فاصله بین تراز قبلی و جدید به یک متر بالغ می‌گردد.

L3: در این کریدور نیز، تراز بستر قبلی تا کیلومتر ۶+۰۰۰ با فاصله نزدیک به یک متر بالاتر از تراز جدید و تقریباً یکنواخت می‌باشد. پس از آن، ترازها به هم نزدیک و تا کیلومتر ۷+۳۵۰ فاقد تفاوت چشم‌گیر هستند

که از این نقطه تا ۷+۸۵۰ مجدداً شاهد نوسانات شدید در ترازهاست که تغییرات در آن‌ها از الگوی یکسانی پیروی می‌کند. از این نقطه تا ۹+۴۰۰ افزایش تدریجی تراز برای نمودار تقریباً به صورت یکسان دیده می‌شود که در نیم کیلومتر انتهای مسیر دستخوش تغییرات شدیدی شده و اختلاف بین آن‌ها تا یک متر بالغ می‌رسد.

L2: شیب عمومی بستر از ابتدای مسیر تا کیلومتر ۶+۶۰۰ ملایم و از این نقطه تا ۸+۲۰۰، جریان واگرایی آبگذر شهید کلانتری، باعث شکل‌گیری مورفولوژی رودخانه‌ای شکل با مقطع، بستر و دیواره مشخص است. در زمان هیدروگرافی دوره اخیر، تغییرات تراز بستر با فرازوفرودهای پیوسته و شدیدی همراه بوده است برعکس، تراز بستر دوره‌های پیش‌تر تا حدودی فاقد این ویژگی است. در هفت کیلومتر از بخش‌های غربی نمودار قبلی در بالای نمودار جدید قرار دارد و اختلاف تراز بستر در آن حداقل نیم متر و در برخی نقاط پدیده انحلال باعث کاوش بیشتر از یک متر از کف شده است. نکته قابل توجه، عدم اختلاف محسوس بین دوره خشک قبل با دوره مرطوب مرحله پیش‌تر (فروردین ۹۷) از آن است. باوجود عمق (حدود سه متر) و جریان زیاد آب در این محدوده (شکل ۱۸)، در طول حدود ۵۰۰ متر از مسیر، در دوره مرطوب با افزایش تراز بستر روبرو است. البته، استثنای از این دست در دیگر مسیرهای مورد بحث هم قابل وجود دارد و فلسفه وجودی آن‌ها مبتنی بر مجموعه عوامل مورفونژ فعال در شرایط و دوره‌های گوناگون دریاچه است. به‌طور مثال، تراز این قبیل برجستگی‌های نمکی در پایان دوره خشک اخیر به مراتب در بالاتر از تراز زمان داده-برداری قرار داشته است و چه‌بسا اگر در زمانی که این گزارش تدوین می‌شود اقدام به ترازبازی مجدد در این محل گردد شاهد به تحلیل رفتن قابل توجهی از ابعاد و حجم این برجستگی‌های نمکی خواهد بود.

L1: این مسیر در مجاورت بلافصل شمال جاده میان‌گذر واقع شده و تغییر شیب توپوگرافی همراه با فشردگی منحنی‌های میزان (نقشه مرحله نخست هیدروگرافی) در طرفین آبگذر پل شهید کلانتری

مورفولوژی رودخانه را تداعی می‌کند. در بخش عمده از ابتدای کریدور تا پل در کیلومتر ۶+۸۰۰ ترازهای مربوط به دوره‌های متوالی خشک و مرطوب قبلی (فروردین و مهر ۹۷)، تقریباً یکنواخت و نمودارهای مربوطه منطبق بر هم هستند ولی نمودار تراز جدید با فرازوفروود فراوان و بافاصله زیادی در زیر آن‌ها قرار گرفته است (تشدید انحلال) بطوریکه اختلاف تراز بین این دوره و دوره‌های قبلی حدود یک و نیم متر است (به‌عنوان نمونه کیلومترهای ۵+۰۰۰ و ۵+۴۰۰). تغییرات تراز در پل آبگذر، نامنظم و با نوسان همراه است و گاهی نمودارهای رنگارنگ در هم شده‌اند. وضعیت ترازها در سمت شرق پل نظیر سمت غرب و تراز جدید کاهش قابل توجهی نشان می‌دهد.

R1: این مسیر نیز، در مجاورت بلافصل جنوب جاده میان‌گذر در قسمت‌های عمده ابتدا و انتها دارای شیب توپوگرافی ملایمی است و آبگذر شهید کلانتری مانند رودخانه با مقطع عرضی، بستر و دیواره مشخص می‌شود. نمودار توالی تغییرات تراز بستر از ابتدای کریدور تا حدود کیلومتر چهار و نیز، بعد از پل تا کناره شرقی، در سه دوره داده‌برداری دارای روند منظم می‌باشند یعنی ترازهای دوره خشک و مرطوب پیشین و جدید با ترتیب و فواصل متعارف دارای چیدمان نرمال هستند و تغییرات اختلاف و یا کاهش تراز جدید نسبت به قبل حدود نیم متر نشان می‌دهد. اما، این روند در پل آبگذر تغییر پیدا کرده و توالی و اختلاف بین ترازها دگرگون شده است. بعد از خشکی ساحل تفریحی تا انتهای پل (کیلومتر ۶+۳۰۰ تا ۸+۱۰۰) اوج این تباینات را می‌توان مورد مشاهده قرارداد. در اینجا، علاوه بر جابجایی تراز دوره مرطوب و خشک از پایین به بالا، شاهد بیشترین اختلاف (نزدیک دو متر) بین آن‌ها می‌باشد. احتمالاً (نظیر تبیین فرازوفروود بستر درم سیر L2)، قبل از شروع بارش‌های پاییز- زمستان، تراز بستر با افزایش زیادی مواجه شده و سیکل انحلال جدید با کندی پیش رفته است. تضاریس اره‌ای شکل برجستگی‌های نمکی، در این بخش از مسیر باعث این تغییرات در این نمودار شده است.

به نظر می‌رسد، مکانیسم انحلال در آب جدیدالورود به دریاچه دارای سرعت ملایم است در مقایسه جریان- های سریع و تماس کوتاه و گذرای آن، مجال بیشتری به تکمیل فرایند می‌دهد. به بیان دیگر، سرعت ملایم‌تر آب‌های جدیدالورود به دریاچه، سازوکار مؤثرتری در سیر تکوین و تکمیل پدیده انحلال نمک دارد تا حرکت سریع آن، که زمان کافی برای تماس، نفوذ و تکمیل فرایند انحلال باقی نمی‌گذارد. نمودار (رنگ بنفش) تراز یکنواخت دوره مرطوب پیشین (فروردین ۹۷) شاهی بر این استدلال است شاید در دوره خشک اخیر، همین عامل باعث کاهش تراز به ۱۲۶۹ متر (نمودار رنگ سبز) در اینجا شده باشد. شواهد میدانی زیادی از کیفیت جریان در آبگذر زیر پل در زمستان پیش و پیشین وجود دارد. البته، تأثیر این قبیل عوامل میکرو مورفونتیکی، محلی است و نمی‌تواند نقش منفی ضعف جریان و اختلاط آب در پهنه دریاچه را توجیه کند؛

R2: روند عمومی تغییرات شیب توپوگرافی بستر از کناره‌ها تا محدوده پل آبگذر ملایم ولی در اینجا نیز، آثار مورفولوژی رودخانه‌ای قابل تشخیص می‌باشد. به استثنای نزدیک به یک کیلومتر از این مسیر، تراز جدید با اختلاف ناچیزی غالباً در بالاتر از ترازهای قبلی قرار گرفته است. البته، در پاره‌ای مناطق (مانند کیلومتر ۳+۰۰۰ تا ۴+۰۰۰)، توالی، ترتیب تغییر کرده و اختلاف بین تراز فروردین ۹۷ و تراز جدید بیش از نیم متر نشان می‌دهد. نکته جالب توجه دیگر کاهش روند فرازوفروود در ترازهای مراحل مختلف است؛

R3: در این کریدور، ۷۰۰ متر ابتدا و سپس، از کیلومتر ۳+۸۰۰ تا ۵+۹۰۰، تغییرات تراز جدید با فرازوفروود بسیار زیادی مواجه می‌باشد به طوری که اختلاف تراز در نقاطی از آن به یک و نیم متر بالغ می‌گردد. از نقطه ۵+۹۰۰، که محل تغییر محسوس‌تر شیب توپوگرافی بستر و تشکیل جریان‌های همگرای آب برای عبور از آبگذر است، تا ۹+۰۰۰، اختلاف ترازها با یکدیگر و کیفیت فراز و نشیب بستر، کاهش یافته است؛

R4: در این کریدور، از ابتدا تا کیلومتر ۲+۵۰۰ توالی و اختلاف ترازهای بستر نامنظم است به طوری که نمودار تراز دوره خشک نرمال و بر روی دوره مرطوب قرار گرفته و اختلاف بین آن تا یک متر می‌رسد.

ترازهای دوره مرطوب دارای فرازوفروید زیاد ولی تراز دوره خشک نسبتاً یکدست است. از کیلومتر فوق‌الذکر تا ۷۵۰+۸ اختلاف تراز ناچیز ولی توالی و ترتیب آن‌ها در نمودار جابجای زیادی نشان می‌دهد. بعد از آن تا پایان مسیر شاهد توالی نرمال ترازها و کاهش حدود نیم متری تراز جدید نسبت به ترازهای پیش‌تر است؛

R5: در این مسیر تغییرات مربوط به توالی و ترازهای بستر در مراحل مختلف هیدروگرافی نسبتاً زیاد و به‌ویژه، در دوسوم ابتدای مسیر از نوسانات بیشتری برخوردار می‌باشد. اختلاف تراز از کیلومتر ۸۰۰+۰ تا ۳+۶۰۰ حدود یک متر است که در باقی مسیر به نصف کاهش می‌یابد. توالی و ترتیب نمودارهای تراز در بخش‌های آغازین و پایانی کریدور روند نرمال‌تری نشان می‌دهد؛

R6: اگرچه در پاره‌ای موارد محدود توالی نمودار تراز قبلی به پایین شیف‌ت کرده، ولی در بخش اعظم این کریدور دارای روند یکنواخت می‌باشد. تراز جدید بستر، از نظر توالی غالباً نرمال اما از فرازوفروید زیادی برخوردار است بطوریکه اختلاف تراز جدید با تراز قبلی حدود نیم متر و در پاره‌ای از نقاط (مانند کیلومتر ۱۰۰+۲ و در نواحی شرق آن) نزدیک یک متر می‌باشد. در نمودار تراز بستر مربوط به دوره مرطوب پیش‌تر نیز، فراز و نشیب زیادی دیده می‌شود؛

R7: در هیدروگرافی اخیر، داده‌برداری در این کریدور از کیلومتر ۱۰۰+۱ شروع و ۲۰۰+۱۴ پایان یافته یعنی در مجموع به طول ۱۳/۱ کیلومتر است. در نمودار مربوطه، تراز دوره قبل عموماً در بالای تراز جدید قرار دارد. در داده‌برداری دوره خشک نمودار تقریباً یکنواخت و نوسانات در آن ناچیز می‌باشد. در صورتی که، از این نظر فرازوفروید تراز جدید دست‌کم تا کیلومتر سه نسبتاً زیاد و در ۱۰ کیلومتر باقیمانده کاهش یافته است. اختلاف تراز در بسیاری از نواحی مسیر ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتر و در پاره‌ای از مناطق محدود، از نیم متر تجاوز کرده است؛

 پژوهشگاه فضایی ایران پژوهشکده مکانیک شیراز	هیدروگرافی و تهیه پروفایل از بستر دریاچه ارومیه (مرحله پنجم)	 ستاد احیای دریاچه ارومیه
--	---	---

R8: طول این کریدور حدود ۲۲ کیلومتر است. تراز قبلی یکنواخت و فاقد نوسان قابل ذکر و نرمال می باشد. تراز جدید ضمن دارا بودن نوسان، در پاره ای از مناطق (مانند کیلومترهای ۱۴+۷۵۰ تا ۱۵+۲۰۰ و همچنین، از ۱۶+۷۰۰ تا ۱۷+۴۰۰) دست کم نیم متر بالای تراز قبلی قرار دارد. اختلاف تراز بستر بین دوره قبل و جدید، در همین حوالی و در شرق آن، بالغ بر یک متر و در دیگر بخش های آن عموماً بین ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر نشان می دهد؛

R9: از حدود ۳۴ کیلومتر از این کریدور که اخیراً داده برداری انجام شده، در دوره قبل فقط هفت کیلومتر داده اطلاعات تولید شد بود و لذا در چهارپنجم از طول مسیر امکان مقایسه وجود ندارد. شیب ملایم و یکنواختی بستر، همراه با حدود ۲ متر ارتفاع آب روی آن، شاهد فرازوفروود قابل توجه ترازها نیست و در بخش اعظم نمودار توالی ترازها نیز، نرمال است یعنی تراز دوره خشک بالاتر از تراز دوره اخیر قرار دارد. فقط از کیلومتر ۴+۳۵۰ تا ۴+۹۰۰ تراز جدید به بالای تراز شیفته پیدا کرده است. اختلاف تراز دو دوره باهم زیاد نیست و عموماً ۱۰ تا ۳۰ سانتیمتر نشان می دهد. نتایج هیدروگرافی جدید، نشان می دهد که تراز بستر تا انتهای مسیر دستخوش تغییرات زیادی نشده است به طوری که فقط در کیلومتر ۲۳+۷۰۰ تا ۲۴+۳۰۰ شاهد یک برون زدگی سنگی در قالب یک جزیره کوچک است که تاکنون با افزایش تراز سطح آب دریاچه زیر آب رفته است؛

R10: از مسیر حدود ۳۲/۵ کیلومتری مورد هیدروگرافی در مرحله اخیر، فقط حدود نه کیلومتر در دوره قبل داده برداری انجام شده است. در زمان برداشت دوره قبل، عمق آب این مناطق حدود ۵۰ سانتیمتر بود و اکنون به حدود ۲/۵ متر افزایش یافته است. تراز بستر در دوره قبل تماماً یکنواخت بود حال آنکه نتایج داده برداری جدید نشان از تغییر ملموس تراز بستر دارد. درواقع ضمن بروز نوسان در تراز عمومی بستر، فرازوفروود افزایش یافته و ترتیب و توالی آن ها نیز، در نمودار دستخوش تغییرات گسترده ای شده است.

اختلاف تراز در پاره‌ای از نقاط از نیم متر هم فراتر نشان می‌دهد. بر اساس، نتایج داده‌های میدانی جدید، روند تغییرات تراز بستر از کیلومتر ۱۲+۸۰۰ تا ۱۵+۴۰۰ و نیز، ۲۹+۳۰۰ تا ۳۰+۳۰۰ دستخوش حدود نیم تا بیش از یک متر نوسان شده است؛

R11: به دلیل مشکلات عدم دسترسی، در دوره قبل در این مسیر برداشت امکان‌پذیر نبود لذا، امکان مقایسه بین تغییرات دوره‌ای وجود ندارد. نتایج دوره اخیر هیدروگرافی نشان‌دهنده تشدید فرازوفروود تراز بستر از کیلومتر ۲+۲۰۰ تا ۵+۲۰۰ نسبت به دیگر قسمت‌های کریدور می‌باشد. دامنه این تغییرات به یک متر بالغ می‌گردد؛

R12: در شکل ۱۱، که نمودار تغییرات بستر در این مسیر ۱۲/۳ کیلومتری به‌صورت فشرده ارائه شده در زمان برداشت در قسمت‌های میانی تراز سطح آب حدود یک متر بالای تراز بستر را نشان می‌دهد. به دلیل نبود اطلاعات میدانی از دوره قبل امکان مقایسه تغییرات بین دوره خشک گذشته وجود ندارد. نتایج اخیر هیدروگرافی حکایت از یکنواختی بستر با نبود فرازوفروود محسوس تا انتهای مسیر دارد. البته، برجستگی‌های گلی مخروطی شکل با ابعاد یک مترمکعب در مجاورت جزیره اشک مانع قایقرانی و تکمیل داده‌برداری بود.

در جدول ۳، میانگین تراز در مسیرهای بیست و چهارگانه ارائه شده است. برای تعیین این میانگین‌ها، ترازهای بالاتر از ۱۲۷۱,۵ متر لحاظ نشده است. چون که در پاره‌ای از مسیرها به‌ویژه، در کناره‌ها، پیرامون جزایر و بخش‌های میانی، ترازهای بالاتر از مقادیر فوق‌الذکر باعث افزایش غیرطبیعی انحراف از معیار می‌گردد. بر اساس سطر آخر جدول، در مسیرهای بیست و چهارگانه مرحله پنجم (زمستان ۹۷ و فروردین ۹۸)، میانگین تراز بستر ۱۲۷۰/۰۰۸، و در مسیرهای دوازده‌گانه مرحله سوم (تابستان) میانگین تراز بستر ۱۲۷۰/۶۲۹، تراز جدید ۶۲ سانتیمتر کاهش یافته است. تأثیر افزایش تراز سطح آب در کاهش تراز

بستر، در محدوده R7 تا R12 حدود دو برابر محدوده L7 تا L12 و به ترتیب، ۷۷ و ۳۲ سانتیمتر بوده است.

جدول ۳. میانگین تراز بستر در مسیرهای داده برداری در مراحل پنجگانه هیدروگرافی

Route	Stage-1	Stage-2	Stage-3	Stage-4	Stage-5
L1	1269.312	1270.678		1270.41	1270.161
L2	1269.54	1270.405		1270.299	1269.81
L3	1269.955	1270.391		1270.225	1269.907
L4	1270.333	1270.374		1270.293	1269.908
L5	1270.135	1270.343		1270.306	1269.966
L6	1270.159	1270.273		1270.311	1269.911
L7			1270.162		1270.234
L8			1270.64		1270.586
L9			1271.027		1270.643
L10			1271.094		1270.699
L11			1271.091		1270.158
L12			1270.504		1270.245
R1	1268.905	1270.372		1270.915	1270.093
R2	1269.168	1270.273		1269.915	1269.977
R3	1269.434	1270.201		1270.001	1269.971
R4	1269.884	1270.295		1270.07	1269.901
R5	1270.109	1270.243		1270.089	1269.824
R6	1270.118	1270.253		1270.102	1269.846
R7			1270.244		1270.005
R8			1270.353		1269.849
R9			1270.531		1269.496
R10			1270.495		1269.361
R11			1270.703		1269.726

R12			1270.71		1269.931
میانگین	1269.754	1270.341	1270.629	1270.244	1270.008

۸. نمونه‌برداری و تعیین شوری آب

در مراحل مختلف هیدروگرافی و نقشه‌برداری در دریاچه، در پاره‌ای از موارد و مناطق داده‌برداری اقدام به نمونه‌برداری و تعیین میزان شوری آب‌شده است ولی نتایج آن در گزارش‌ها منعکس نشده است. در این مرحله، با توجه به علاقه و تأکید ستاد احیای دریاچه، طبق یک سناریوی قبلی در مناطق و کریدورهای برداشت، به‌طور منظم نمونه‌برداری انجام (شکل ۱۹) و به آزمایشگاه تخصصی ارسال گردید. شایان‌ذکر است، نمونه‌برداری از آب دریاچه در مسیرهای L9 و L10 در فروردین هم تکرار شد.



شکل ۱۹. فرایند نمونه‌برداری از آب دریاچه و ارسال آن به آزمایشگاه

از مشخصات فیزیکی / شیمیایی نمونه‌ها، فاکتورهای هدایت الکتریکی (EC)، مجموع املاح محلول (T.D.S) و مقدار شوری، اندازه‌گیری شده است. نتایج آنالیز و اندازه‌گیری بر روی نمونه‌ها در جدول 3 تنظیم و اصل نتایج در شکل‌های ۲۱ و ۲۲ ارائه شده است. برای ساده‌سازی تجسم مکانی موقعیت نمونه‌ها، اطلاعات جدول از بالا به پایین و بر اساس توزیع جغرافیایی مناطق نمونه‌ها یعنی، از شمال به جنوب دریاچه تنظیم شده است به‌طوری‌که، نتایج نمونه L12 (شمال دریاچه) در سطر نخست جدول و نمونه R12 (جنوب دریاچه) در سطر آخر جدول قرار گرفته است.

در نتایج آزمایشگاه (جدول ۴) قبل از هر نکته‌ای، مقایسه نتایج دو دوره آزمایش در مسیرهای L9 و L10 بین اسفند و فروردین با افزایش ۶۱ سانتیمتری سطح تراز آب در فاصله دو نمونه‌برداری، جالب‌توجه و تا حدودی دور از انتظار بود. به نظر می‌رسد، دو عامل افزایش دمای آب و انتقال آب شورتر بخش‌های کم‌عمق‌تر مجاور جنوب محدوده L9 و L10، باعث این افزایش مختصر شده باشد.

جدول 4. نتایج آنالیز آزمایشگاه نمونه‌های آب دریاچه ارومیه در مسیرهای مختلف داده‌برداری

Sample	Salty (ppt)	T.D.S (mg/l)	EC ($\mu\text{s/cm}$)	Date of Sampling
L12	161.3	121408	189700	۲۱ فروردین ۹۸
L11	153.4	116160	181500	۲۳ فروردین ۹۸
L10	150.1	114240	178500	نیمه دوم اسفند ۹۷
L10-2	156	117632	183800	۲۳ فروردین ۹۸
L9	133.3	104384	163100	نیمه دوم اسفند ۹۷
L9-2	157.3	118336	184900	۲۳ فروردین ۹۸
L8	155.8	117504	183600	نیمه دوم اسفند ۹۷

L7	167.6	124032	193800	نیمه دوم اسفند ۹۷
L3	301	185728	290200	نیمه دوم اسفند ۹۷
R3	298	184448	288200	نیمه دوم اسفند ۹۷
R7	312.1	190080	297000	نیمه دوم اسفند ۹۷
R8	309.5	189056	295400	نیمه دوم اسفند ۹۷
R9	172.5	126656	197900	نیمه دوم اسفند ۹۷
R10	174.9	127936	199900	نیمه دوم اسفند ۹۷
R11	114	92416	144400	۲۲ فروردین ۹۸
R12	110.9	90432	141300	۲۲ فروردین ۹۸

در تبیین نتایج آزمایش، در یک نگاه کلی به جدول و با چشم‌پوشی از پاره‌ای از جزئیات، غلظت نمک‌های محلول، در بخش‌های میانی دریاچه دارای تمرکز بیشتری نسبت به سایر مناطق است. به نظر می‌رسد، ورود آب از رودخانه‌های پرشمارتر در بخش‌های جنوب و پیشروی و اختلاط تدریجی آن و همچنین عمق و حجم نسبتاً زیاد آب در نواحی شمال، باعث چنین توزیعی شده باشد. نکته دیگری که در این خصوص از نتایج استنباط می‌شود، ضعف رژیم جریان و گردش آب در بخش‌های مختلف دریاچه است. این عامل در درجه نخست تابع گرادیان هیدرولوژی است ولی نقش بازدارنده جاده میان‌گذر در تشدید این شرایط، قابل‌انکار نیست. بدون تردید، آب‌های ورودی از حوضه‌های آبریز جنوب با تأخیر هم که شده سرانجام از مجرای ۱۳۰۰ متری آبگذر پل شهید کلانتری به سمت بخش‌های شمال دریاچه جریان پیدا می‌کند، هرچند، در صورت تداوم افزایش تراز سطح آب این مجرا هنوز، حدود ۲۰ درصد، ظرفیت افزایش دارد با این حال، جاده میان‌گذر همچون یک دیوار حائل، بین مناطق شمال و جنوب دریاچه به شمار می‌رود مگر این‌که

 پژوهشگاه فضایی ایران پژوهشکده مکانیک شیراز	هیدروگرافی و تهیه پروفایل از بستر دریاچه ارومیه (مرحله پنجم)	 ستاد احیای دریاچه ارومیه
--	---	---

دریچه(های) دیگری بر روی آن در نظر گرفته شود. تصویر ۲۰، جریان واگرای آب در نزدیکی محدوده آبگذر را همچون رود پُرسرعت نشان می‌دهد.



شکل ۲۰. آثار شدت جریان آب دریاچه در نزدیکی زیرگذر پل شهید کلانتری در برخورد با مانع قابل توجه است

آزمایشگاه تجزیه آب، خاک و گیاه مهندس آجودانی
آزمایشگاه معتمد محیط زیست
(آزمایشگاه آب و خاک استان آذربایجان غربی)

گزارش نتایج

نام و نام خانوادگی: شرکت نیوکاوان اطلس	شهرستان: خوی
نوع نمونه: آب	نوع منبع آب: آب دریاچه ارومیه
محل نمونه برداری: دریاچه ارومیه	تاریخ دریافت نمونه: ۹۷/۱۲/۲۶

ردیف	کد آزمایشگاه	مشخصات نمونه	هدایت الکتریکی EC^{+10^6} ($\mu s/cm$)	مجموع املاح محلول T.D.S (mg/l)	شوری Salinity (ppt)
۱	Wa 71207	شمال پل	290200	185728	301.0
۲	Wa 71208	جنوب پل	288200	184448	297.8
۳	Wa 71209	R7 سمت راست پل	297000	190080	312.1
۴	Wa 71210	R8 سمت راست پل	295400	189056	309.5
۵	Wa 71211	R9 سمت راست پل	197900	126656	172.5
۶	Wa 71212	R10 سمت راست پل	199900	127936	174.9
۷	Wa 71213	L7 سمت چپ پل	193800	124032	167.6
۸	Wa 71214	L8 سمت چپ پل	183600	117504	155.8
۹	Wa 71215	L9 سمت چپ پل	163100	104384	133.3
۱۰	Wa 71216	L10 سمت چپ پل	178500	144240	150.1

مسئول فنی آزمایشگاه: مهندس آجودانی

آزمایشگاه: آب، خاک، گیاه

مهندس آجودانی

*مسئولیت نمونه برداری، بر عهده خود متقاضی می باشد.

شکل ۲۱: نتایج آزمایش نمونه‌های آب دریاچه ارومیه که در نیمه دوم اسفند سال ۹۷ برداشت شده بود



شکل ۲۲: نتایج آزمایش نمونه های آب دریاچه ارومیه که در نیمه دوم فروردین ۹۸ برداشت شده بود

۹. جمع‌بندی

مرحله پنجم هیدروگرافی در دریاچه که داده‌برداری یکپارچه در کریدورهای بیست و چهارگانه ابلاغی از سوی ستاد احیای دریاچه است، نسبت به قبل از دست‌آوردهای بیشتری برخوردار می‌باشد. بهبود شرایط هیدرولوژیک باعث شده است که دسترسی به بسیاری از بخش‌های غیر حاشیه دریاچه، امکان‌پذیر گردد.

فعالیت‌های دریانوردی و عملیات هیدروگرافی، در زمان کوتاه‌تر و با محدودیت‌های کمتری همراه بود. با توجه به روند سریع تحولات تراز سطح آب، امکان تکرار برداشت در پاره‌ای از مسیرهای محدوده شمال و مقایسه تغییرات تراز بستر در دوره یک ماه، نتایج محسوسی در برداشت. اگرچه، محدوده موردنظر کوچک بود و لازم است در تعمیم نتایج به دیگر قسمت‌ها جانب احتیاط حفظ شود، لیکن، تأثیر نتایج افزایش ۶۱ سانتی‌متری تراز سطح آب بین دو برداشت اسفند و فروردین به‌طور میانگین ۱۸/۵ سانتی‌متر کاهش تراز بستر، را به دنبال داشته است. این موضوع، با در نظر گرفتن هدف پروژه در نوع خود قابل تأمل می‌باشد. البته، تأثیر افزایش تراز سطح آب و نقش آن در انحلال رسوبات نمکی و کاهش تراز بستر در دیگر بخش‌های دریاچه نیز، در این دوره نسبت به دوره‌های قبل به طرز قابل‌توجهی ملموس‌تر است. با توجه شرایط جریان و اختلاط آب و احیاناً مشخصات پتروفیزیکی رسوب، تغییرات تراز بستر در کریدورهای بیست و چهارگانه برداشت از روند یکسان پیروی نمی‌کند. در پاره‌ای نقاط محدود، یک و نیم متر، در مواردی تا یک متر و غالباً حدود نیم متر و کمتر در این دوره کاهش تراز بستر وجود دارد و در پاره‌ای از مسیرها برعکس، افزایش یافته است.

در گذشته انجام برداشت‌های تصادفی بین خطوط و دیگر بخش‌های دریاچه در سطح وسیع‌تر میسر نبود لیکن، در این مرحله این مهم محقق گردید. توسعه داده‌برداری‌های از این دست در بخش‌های دیگر دریاچه نیز، قابلیت اجرایی دارد.

 پژوهشگاه فضایی ایران پژوهشکده مکانیک شیراز	هیدروگرافی و تهیه پروفایل از بستر دریاچه ارومیه (مرحله پنجم)	 ستاد احیای دریاچه ارومیه
--	---	---

نمونه‌برداری از آب دریاچه و تعیین پاره‌ای از مشخصات فیزیکی و شیمی آن از دیگر فعالیت‌هاست که در خلال عملیات هیدروگرافی این دوره صورت پذیرفت. نتایج آزمایش روی نمونه‌ها از بالاتر بودن غلظت نمک محلول در آب در مناطق میانی و پیرامون جاده میان‌گذر حکایت دارد. به نظر می‌رسد، جاده میان‌گذر در برابر رژیم جریان‌های بین جنوب و شمال دریاچه نقش بازدارنده داشته باشد.

 پژوهشگاه فضایی ایران پژوهشکده مکانیک شیراز	هیدروگرافی و تهیه پروفایل از بستر دریاچه ارومیه (مرحله پنجم)	 ستاد احیای دریاچه ارومیه
---	---	---

۱۰. محدودیت‌ها

به دلیل خشکیدگی سال‌های اخیر دریاچه، صنعت دریانوردی و فعالیت انواع شناورهای موتوری بزرگ و کوچک در منطقه تقریباً تعطیل و فرصت انتخاب شناور مناسب برای فعالیت‌های دریانوردی مانند هیدروگرافی در این منطقه را سلب نموده است. به‌طورکلی، دو فروند قایق موتوری در ساحل تفریحی پل شهید کلانتری موجود است. با اذعان به مغتنم بودن همین تعداد اندک قایق و نقش بسیار سازنده آن‌ها در عملیات داده‌برداری دریایی، محدودیت امکانات شناوری مناسب در منطقه، یک کمبود اساسی است و پیامد منفی آن در کیفیت اجرای طرح‌های پژوهشی قابل‌اغماض نیست.

البته، پاره‌ای از محدودیت‌های عمومی و فصلی که در گزارش‌های قبلی از آن‌ها یادشده است با شدت و ضعف گوناگون به قوت خودش باقی هست که مهم‌ترین آن‌ها آنتن دهی نامناسب و ناپیوسته سامانه شمیم در پاره‌ای از مناطق شمال و جنوب دریاچه، و نیز، تشدید استهلاک تجهیزات ابزار دقیق در تماس و عرضه مستقیم با آب‌شور است.

مجموعه داوری گزارش مطالعات مهندسی عمق سنجی و تهیه پروفایل بستر دریاچه ارومیه

	هیدروگرافی و تهیه پروفایل از بستر دریاچه ارومیه (مرحله پنجم)	
---	---	---

بسمه تعالی

پژوهشگاه فضایی ایران

پژوهشکده مکانیک شیراز

هیدروگرافی و تهیه پروفایل از بستر دریاچه ارومیه (مرحله پنجم)

اسفند ۱۳۹۷ و فروردین ۱۳۹۸

بسمه تعالی

تایید نهایی

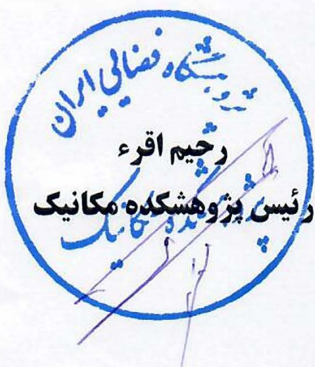
جناب آقای دکتر محمد رضا موحدی

معاون محترم پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی شریف

باسلام و احترام

عطف به قرارداد شماره ۹۶/۱۴۰۰۲ مورخه ۹۶/۱۲/۱۵، نظر به اتمام موضوع قرارداد و ارسال کلیه نتایج و همچنین ارسال تأییدیه ناظر (سازمان نقشه برداری کشور)، بدین وسیله به پیوست صورت وضعیت نهایی قرارداد حضورتان ارسال می گردد.

لذا خواهشمند است در خصوص ارسال تأییدیه این صورت وضعیت و همچنین پرداخت مطالبات این پژوهشکده دستورات مقتضی صادر فرمایید.



رونوشت:

جناب آقای دکتر محمد مسعود تجریشی-مدیر دفتر برنامه ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه

بسمه تعالی

جناب آقای دکتر محمد رضا موحدی
معاون محترم پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی شریف

موضوع: درخواست صدور الحاقیه (متمم) قرارداد شماره ۹۶/۱۴۰۰۲

باسلام و احترام

عطف به قرارداد شماره ۹۶/۱۴۰۰۲ مورخه ۹۶/۱۲/۱۵ و پیرو نامه شماره ۲۲۰۰/۴/۸/س مورخه ۹۸/۰۴/۲۲، نظر به اتمام موضوع قرارداد و همچنین ارسال صورت وضعیت نهایی (قطعی) قرارداد مذکور، خواهشمند است دستورات لازم در خصوص صدور الحاقیه قرارداد با عناوین افزایش مبلغ قرارداد و افزایش مدت زمان قرارداد صادر فرمایید.



رونوشت:

جناب آقای دکتر محمد مسعود تجریشی-مدیر دفتر برنامه ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه