

مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره ششم، شماره بیستم و چهارم، تابستان ۱۳۹۵

تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۶/۱۰

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۰۹

صص ۱۱۸-۱۰۴

تکوین ژئومورفولوژیک چاه‌نیمه‌ها^۱

احسان عطایی کیا*، کارشناسی ارشد هیدرو ژئومورفولوژی - دانشگاه اصفهان

علی‌رضا شهبازی، استادیار ژئومورفولوژی - دانشگاه زابل

محمدحسین رامشت، استاد ژئومورفولوژی - دانشگاه اصفهان

چکیده

چند پدیده‌ی ژئومورفیک منحصربه‌فرد در ایران وجود دارد که می‌توان کلوت‌ها و چاه‌نیمه‌ها را در زمره‌ی آن‌ها تلقی نمود. در مورد نحوه‌ی تکوین چاه‌نیمه‌ها در سیستان و بلوچستان در کتب و مقالات انتشاریافته، دو نظریه وجود دارد که یکی تکوین آن‌ها را به فعالیت‌های تکتونیکی و دیگری به فرآیند آب و باد نسبت داده و هنوز در مورد ارزیابی دقیق تکوین آن‌ها مطالعات مستندی در دسترس نیست و تنها به عباراتی کلی بسنده شده است. با توجه به ابهامات متعددی که در این زمینه وجود داشت، طرحی برای تحقیق پیرامون نحوه‌ی تکوین این پدیده‌ی ژئومورفیک صورت گرفت. این طرح با کالبدشکافی محدوده‌های گستره‌ی این پدیده در ایران و افغانستان و با اتکا به روش تحلیل فرم و فرآیند و بهره‌جستن از تکنیک سنجش‌ازدور، به نتایج دیگری دست یافته است که حاصل آن را می‌توان بدین شرح زیر خلاصه نمود: پدیده‌ی چاه‌نیمه‌ها دارای ۵ مدل گوناگون تکوینی است که تنها یک مدل آن تحت تأثیر فرسایش دیفرانسیل فلیش زاهدان، آن هم در ارتفاعات تکوین‌یافته و مابقی حاصل فرآیند آب در محیط آبی و قاره‌ای است. این پدیده‌ی نادر راهبرد عمومی ذخیره‌ی آب در منطقه را تعریف می‌کند و تنها جایگزین ذخیره‌سازی آب‌های سطحی و زیرزمینی در ناحیه‌ی هامون است.

واژگان کلیدی: چاه‌نیمه، تحلیل فرم و فرآیند، فرسایش دیفرانسیل، هامون.

^۱- این مقاله برگرفته از پایانامه‌ی کارشناسی ارشد و طرح پژوهشی مصوب در قطب جغرافیایی دانشگاه اصفهان می‌باشد.

* Email: ehsanataykiya@yahoo.com

نویسنده‌ی مسئول:

۱- مقدمه

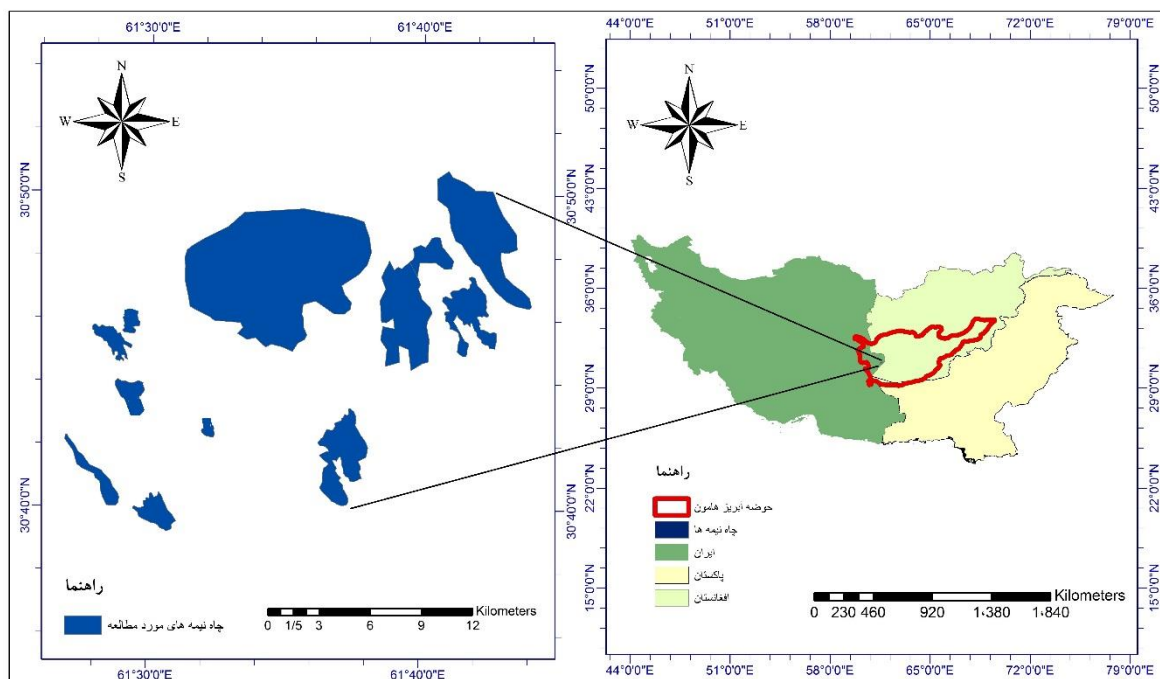
از جمله فرم‌های استثنایی و تقریباً منحصربه‌فرد در ایران چاله‌های بسته و باز کم‌عمقی است که در اصطلاح به آن چاه‌نیمه گفته می‌شود. این پدیده، تنها در بخش شرقی ایران گزارش و نام‌گذاری شده و اگرچه در کاربرد از آن‌ها گام‌های مؤثری برداشته شده است، ولی در مورد تکوین آن تنها به اطلاعاتی عمومی که گاه بیش‌تر جنبه‌ی گمانه‌زنی دارد، بسنده شده است. چاه‌نیمه‌ها مهم‌ترین منبع تأمین آب دشت سیستان و شهرهای بزرگ و پرجمعیتی هم‌چون زاهدان و زابل می‌باشند (دفتر مطالعات اداره‌ی آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۳: ۴). این منطقه، بخش کوچکی از بلوک سخت شده‌ی هلمند است که پوشیده از رسوبات دریاچه‌ای نئوژن و آبرفت‌های کواترنر است که توسط رود هیرمند به این منطقه آورده شده است (علائی طالقانی، ۱۳۹۰: ۱۹۷). اهمیت بازشناسی این فرم‌های استثنایی در شرق ایران به محققان کمک خواهد نمود که ضمن آشنایی با فرآیندهای به وجود آورنده‌ی آن، تحلیل مناسبی از جنبه‌های کاربردی آن به دست آورند.

در ارتباط با موضوع این پژوهش تاکنون دو نظریه در منابع فارسی منتشر شده است: دیدگاه اول دیدگاهی است که بیان می‌دارد این چاله‌ها در اثر فعالیت‌های تکتونیکی بر روی رسوبات مارنی ایجاد شده است (مقیمی، ۱۳۹۲: ۱۸۹). دیدگاه دیگر بیان می‌کند که چاه‌نیمه‌ها در اثر فرسایش آبی در مرحله‌ی اول و فرسایش بادی در مرحله‌ی دوم به وجود آمده‌اند (لکزاییان‌پور و همکاران، ۱۳۹۲: ۷). در زمینه‌ی فرآیندهای مؤثر در تکوین فرم‌های مختلف ژئومورفولوژیک تاکنون مطالعاتی زیادی صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: نصیری و همکاران (۱۳۸۳) در پژوهشی با بررسی نحوه‌ی تکامل و عوامل مورفونیز لندفرم‌های دریاچه‌ی نئور به این نتیجه رسیدند که تکتونیک، نقش مهمی در تکوین دریاچه‌ی نئور و ژئومورفولوژی آن دارد. خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی نقش فرآیندهای ژئومورفیک رودخانه‌ای در مخاطرات محیطی به این نتیجه رسید که منطقه‌ی مورد پژوهش به دلیل قرارگیری در دشت‌های سیلابی در معرض مخاطرات محیطی ناشی از فرآیندهای محیطی و انسان‌ساخت قرار دارد. بهرامی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی به بررسی نقش فرآیندهای ژئومورفولوژیکی در پراکندگی سنگ‌دانه‌ها در حوضه‌ی خرم‌آباد پرداخت و به این نتیجه رسید که واریزه‌ها، مخروط‌افکنه‌های قدیم و جدید و بسترهای رودخانه‌ای جدید و قدیم، مصالح ساختمانی با مقاومت مناسبی دارند. با وجود این، مقاومت سنگ‌دانه‌ها در واریزه‌ها نسبت به دیگر لندفرم‌ها بالاتر است. نصیری و همکاران با بررسی فرآیندهای ژئومورفولوژیکی و هالوکارستی دریاچه‌ی ارومیه به این نتیجه رسیدند که فرآیندهای هالوکارستی ساحلی سبب ایجاد دو گروه لندفرم‌های تراکمی و کاوشی شده است و این لندفرم‌ها در طبقه‌ی لندفرم‌های موقت و ناپایدار قرار می‌گیرند (۱۳۹۰). زمروبدیان و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با بررسی لندفرم‌های هیدروژئومورفولوژیکی حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی مهارلو به این نتیجه رسیدند که فرآیندهای پالئوهیدرومورفوتکتونیک، لندفرم‌ها و ناهمواری‌های معکوس ایجاد نموده است. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی با بررسی آستانه‌های ژئومورفیک، پی برد که آستانه‌های ژئومورفیک به عنوان جداکننده‌ی حالت‌های متفاوت یک سیستم از یکدیگر قابل شناسایی است. هم‌چنین مخروط‌افکنه‌های قدیمی با توجه به تأثیر فرآیند هوازدگی، مقاومت کم‌تری نسبت به مخروط-افکنه‌های جدید دارند. در خارج از کشور نیز کسانی هم‌چون لینزلی و همکاران (۲۰۰۲)، لانگر و همکاران (۲۰۰۴)، فولر (۲۰۱۳) و استلر و همکاران (۲۰۱۴) در ارتباط با فرآیندهای مؤثر در فرم‌های متنوع ژئومورفولوژیکی تحقیقاتی انجام داده‌اند. هدف اصلی این مقاله، تبیین نحوه‌ی به وجود آمدن چاه‌نیمه‌ها و فرآیندی است که موجب ایجاد چنین پدیده‌ای در این بخش از منطقه شده است.

۲- منطقه مورد مطالعه

چاه نیمه‌ها در واحد هیدروژئومورفولوژیک هامون قرار دارند. این واحد هیدروژئومورفیک بین ۵۹ درجه تا ۷۰ درجه و ۳۰ دقیقه‌ی طول شرقی و ۲۹ درجه تا ۳۴ درجه‌ی عرض شمالی قرار گرفته است؛ به عبارتی ۱۱ درجه‌ی طول

جغرافیایی و ۵ درجه عرض شمال جغرافیایی را دربر می‌گیرد. مساحت حوضه‌ی آبریز این واحد نزدیک به ۲۲۵۰۰۰ کیلومتر مربع است. واحد هیدروژئومورفیک مورد مطالعه را سرزمین‌های مرتفع و کوهستانی تا نواحی صاف و هموار دربر گرفته است. در این حوضه حداکثر ارتفاع ۴۲۶۹ متر و حداقل ارتفاع ۴۳۰ متر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. محدوده‌ی توزیع مکانی چاه‌نیمه‌ها که در این تحقیق مورد ارزیابی و شناسایی قرار گرفته‌اند در شکل (۱) نمایش داده شده است (عطایی‌کیا، ۱۳۹۴: ۳۳-۹).



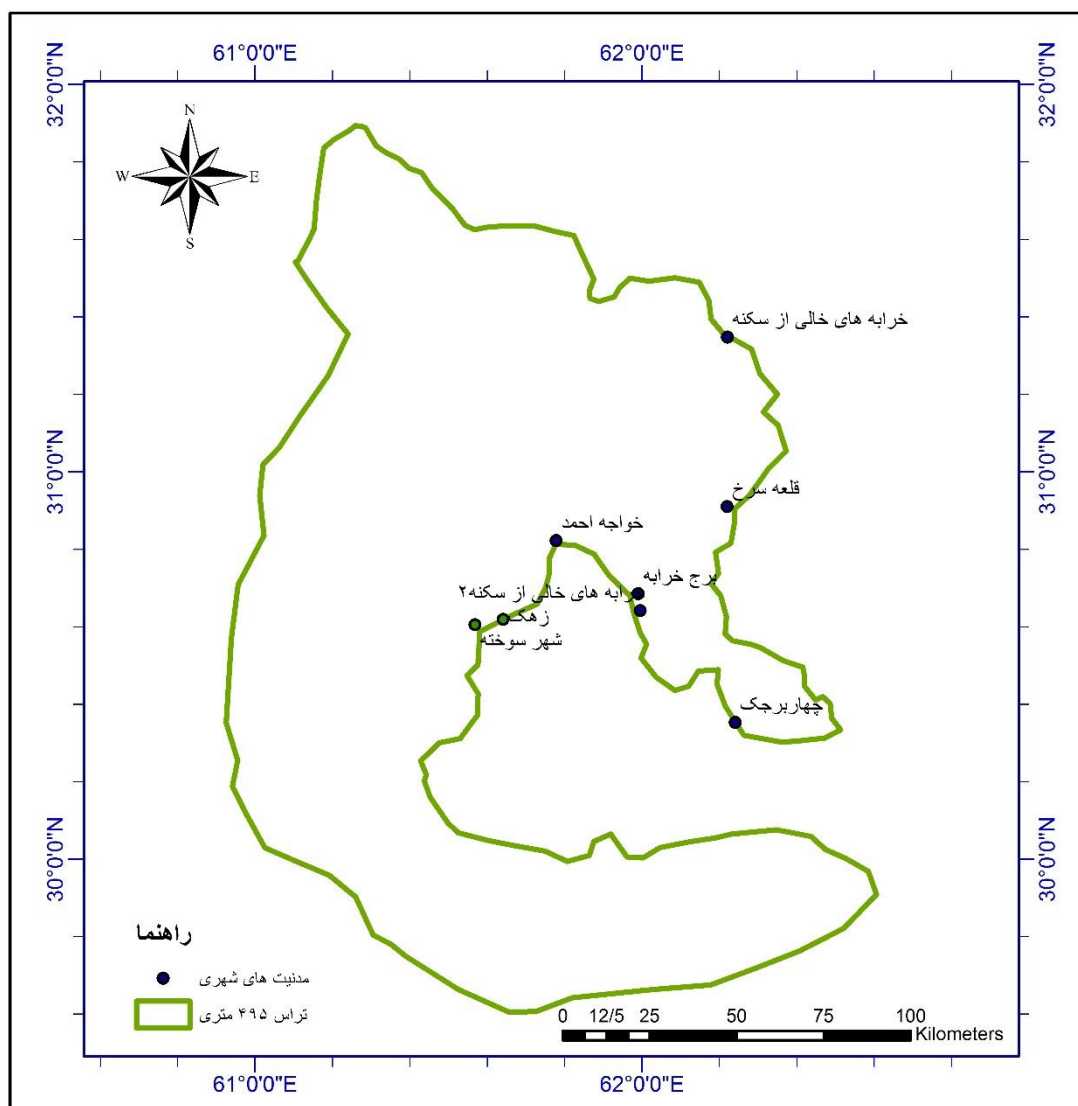
شکل ۱: موقعیت قرارگیری چاه‌نیمه‌ها در حوضه‌ی آبریز هامون

۳- مواد و روش‌ها

متد مورد استفاده در این پژوهش متکی به شیوه‌ی تجزیه و تحلیل فرم و فرآیند است و با اتکا به اسناد تصویری، داده‌های رقوم ارتفاعی (Dem) و باز شناخت پدیده‌ی چاه‌نیمه‌ها در منطقه‌ی صورت و سپس با محاسبه‌ی سطح، حجم، عمق و رابطه‌ی تراز آن‌ها با یکدیگر ویژگی هر یک از چاله‌ها در پایگاه داده‌ای فراهم آمد. سپس با اتکا به ردیابی آثار عملکرد جریان‌های آبی در منطقه و هم‌چنین تغییرات سطوح آب دریاچه‌ی هامون در فاز تأخیری کوتاه‌تر نحوه‌ی ترسیب و عملکرد جریان‌های آبی در محیط‌های دریاچه‌ای و خشکی بازشناسی گردید. اطلاعات مربوط به نحوه‌ی عملکرد جریان‌های اتفاقی آب در سطوح ارتفاعی و دشتی رصد و نحوه‌ی فرسایش دیفرانسیل در محوطه‌های تشکیلات فلیشی زاهدان و نحوه‌ی تکوین چاله‌ها مدله شدند. لازم به ذکر است که این تحلیل‌ها نه تنها متکی به تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی که با یک بار پرواز بر فضای منطقه تکمیل و مستندسازی شده است.

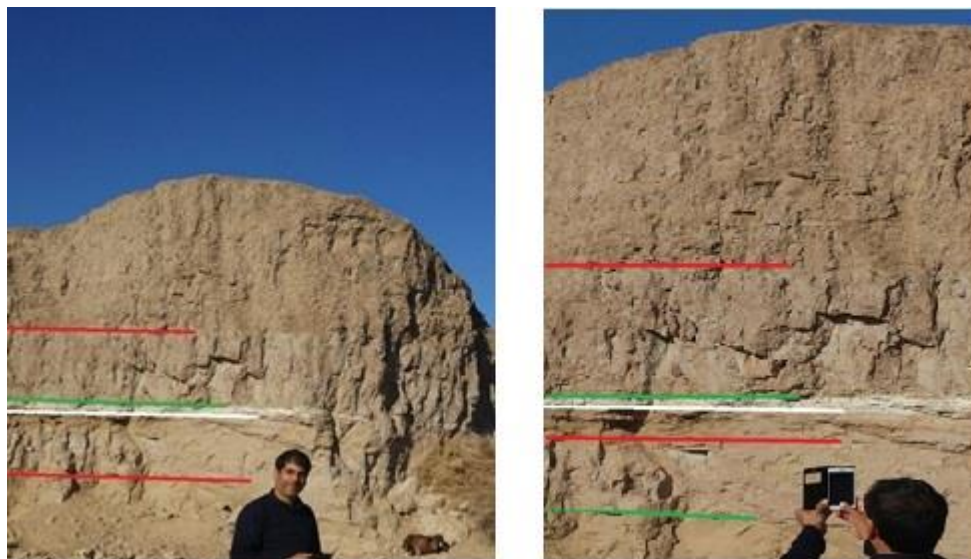
۴- بحث و نتایج

با توجه به اسناد و مدارک و مطالعات انجام شده، به خوبی می‌توان دریافت که برخلاف نظر برخی از محققان وسعت دریاچه‌ی هامون در گذشته تا تراز ۴۹۵ متر را پوشش می‌داده است (شکل ۲).



شکل ۲: نمایش تراس ۴۹۵ متری دریاچه‌ی هامون

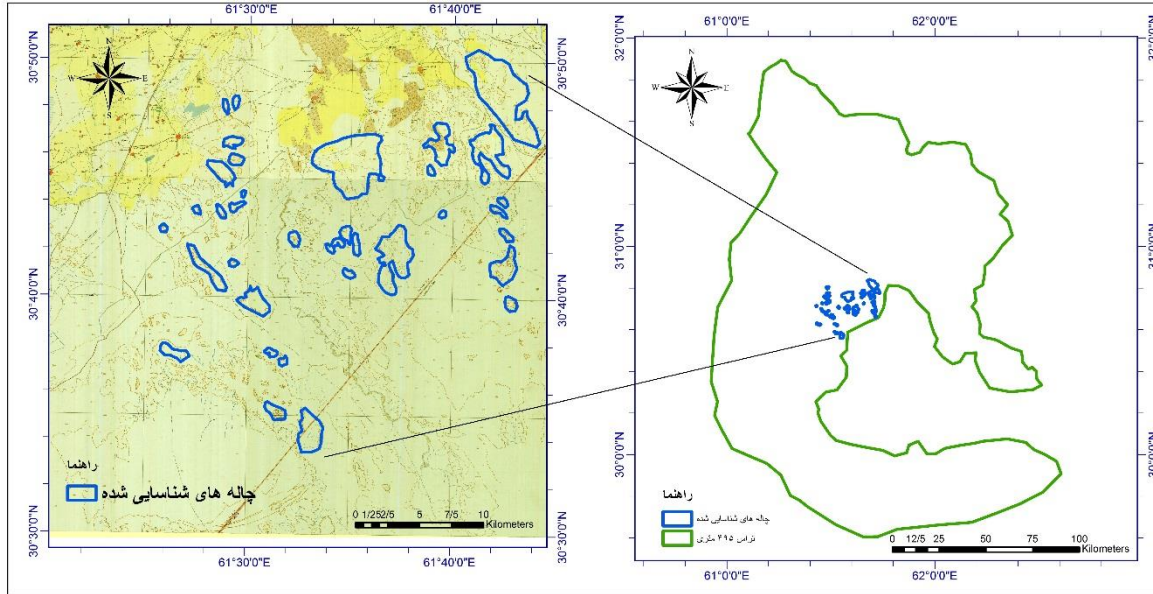
در ساحل این تراس (۴۹۵ متری) مدنیت‌های بزرگی از جمله شهر سوخته در گذشته وجود داشته است که با عقب‌نشینی سطح آب، این مدنیت‌ها از بین رفته است و اکنون تنها شواهد باستان‌شناسی و خرابه‌هایی از آن باقی مانده است. تنها شهر مهم باقی‌مانده در این تراس زهک می‌باشد و علت اصلی پایداری شهر زهک را می‌توان به وجود رودخانه‌ی هیرمند در نزدیکی آن نسبت داد. شواهد رسوبی در حاشیه‌ی دریاچه (شکل ۳) نه تنها حوضه و گسترش دریاچه را به خوبی برای ما نشان می‌دهد که تغییرات محیط آبی این دریاچه در نیمرخ عرضی رسوبات ثبت است. رنگ لایه‌ها، نوع رسوب، دانه‌بندی آن‌ها و حتی ساخت و بافت^۲ این رسوبات منعکس‌کننده‌ی تغییرات محیطی دریاچه و کلید رمزگشایی محیط آبی در این دریاچه است.



شکل ۳: تناوب رسوبی در بالاترین تراز آبی دریاچه‌ی هامون (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴)

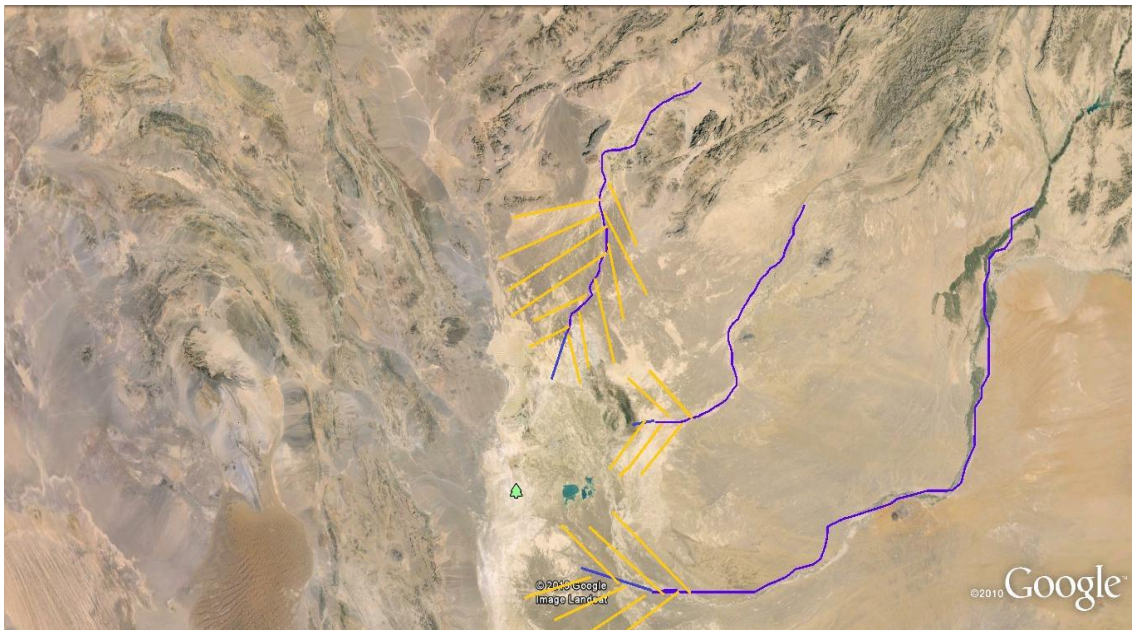
رنگ رسوبات به خوبی از وجود دوره‌های گرم و سرد متناوب و تغییر در جنس رسوبات پروفیل، از تغییر فعل و انفعالات شیمیایی آب این دریاچه حکایت دارد. در نیم‌رخ رسوبی (شکل ۳) چندین لایه‌ی رسوبی متفاوت دیده می‌شود. در بالاترین لایه، جنس و ساخت آن نشان‌دهنده‌ی رسوبات دلتایی می‌باشد. در لایه‌ی زیرین آن رسوبات بسیار ریزدانه‌ی دریاچه‌ای مارنی قرار دارد. لایه‌ی سوم در این مقطع رسوبی لایه‌ی آهکی دریاچه‌ای است که نشان از زمان تشکیل این لایه در محیط دریاچه‌ی آب شیرین و اشباع از آهک دارد. نکته‌ی مهم و قابل تأمل در این نیم‌رخ رسوبی، نبود لایه‌های نمکی و رسوب انیدریدی در آن است. این موضوع به خوبی نشان می‌دهد که محیط این دریاچه حداقل در گستره زمانی حد پایینی و بالای مقطع شماره‌ی سه، حاکمیت دوران خشک را به صورتی که بتواند به تشکیل نمک و یا رسوبات تبخیری منجر شود، تجربه نکرده است.

اما مطلب در خور توجه دیگر آن که توزیع چاه‌نیمه‌ها که یکی از پدیده‌های مهم ژئومورفیک شرق کشور است، از جمله پدیده‌هایی است که در حوضه‌ی رسوبی دریاچه‌ی هامون بزرگ (قدیمی) شکل گرفته است. برای تعیین حدود و توزیع پراکندگی چاه‌نیمه‌ها نسبت به بازبینی نقشه‌های توپوگرافی اقدام و مجموعاً ۲۹ چاله در سطوح ارضی باقی مانده از بستر هامون بزرگ شناسایی گردید شکل (۴).



شکل ۴: مجموعه چاله‌های شناسایی شده در هامون بزرگ (منبع: سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، بازترسیم: نگارندگان)

مشاهدات میدانی و مطالعات انجام گرفته شده در منطقه، چند نکته‌ی قابل تأمل را برای ما روشن می‌سازد. با اتکا به بازشناسی جریان‌های رسوبی آبراهه‌ها در تصاویر ماهواره‌ای، چگونگی ورود و تقاطع این جریان‌ها به دریاچه به خوبی در صحنه‌ی هامون بزرگ قابل تشخیص است. به‌طور کلی می‌توان جریان‌های عمده‌ی ورودی به هامون بزرگ را در سه محور شمالی و شرقی خلاصه نمود (شکل ۵).



شکل ۵: محورهای اصلی ورودی آب به هامون بزرگ (منبع: نگارندگان)

این سه جریان بزرگ رسوبی شرایط تداخل رسوب‌گذاری در محیط آبی هامون را به وجود آورده و بستر اصلی غالب مدل‌های تکوین چاه‌نیمه‌ها از چنین فرآیندی آغاز می‌شود. لذا می‌توان به‌طور خاص فرآیند تکوین چاه‌نیمه‌ها را به شرح ذیل تشریح نمود:

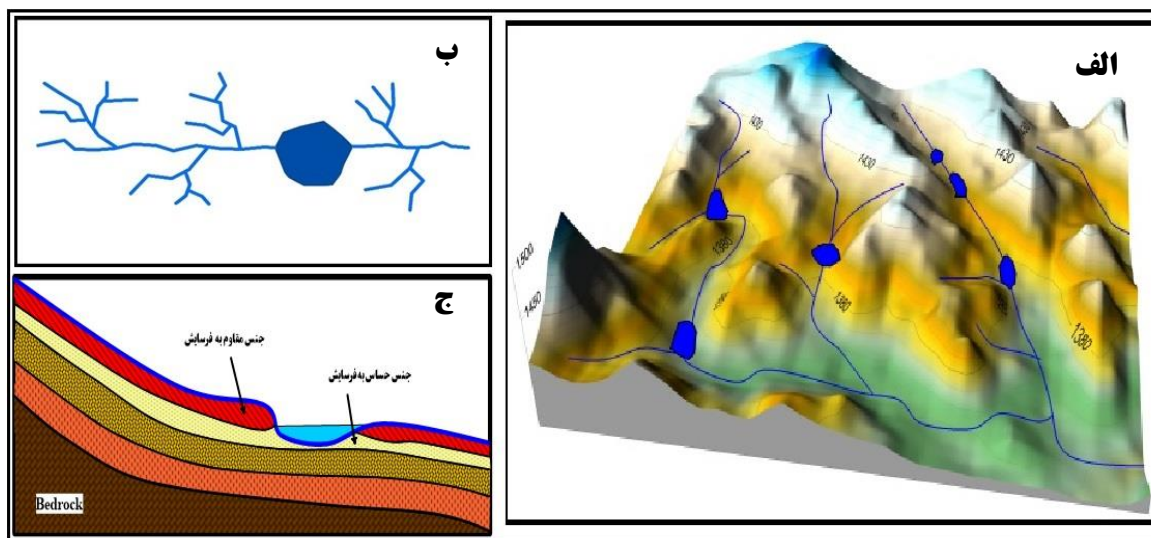
۱- تکوین چاه‌نیمه‌ها بیش‌تر تحت تأثیر جریان‌های آبی و کندوکاو و رسوب‌گذاری آن‌ها در بستر دریاچه‌ی هامون بزرگ به وجود آمده است.

۲- اگرچه چاه‌نیمه‌ها در فرآیند آبی به وجود آمده‌اند، ولی دارای یک مدل واحد نبوده و بر اساس تحقیقات به عمل آمده و عملیات صحرائی و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای و یک مورد پرواز هوایی بر فراز منطقه‌ی پنج مدل متفاوت تشخیص و به صورت گرافیکی مدل‌سازی گردید.

از پنج مدل شناسایی شده یک مدل کندوکاوی و چهار مدل دیگر فرسایشی است؛ به عبارت دیگر تنها یک مدل از پنج مدل که در ارتفاعات کوهستانی مشاهده می‌گردد، به واسطه‌ی فرسایش تفریقی در رسوبات معروف به فلیش زاهدان به وجود آمده و چهار مدل دیگر در رسوبات دلتایی ورودی به دریاچه‌ی هامون شکل گرفته است. تشریح و تبیین هر یک از مدل‌های پنج‌گانه به شرح زیر است:

۴-۱- مدل شماره‌ی یک (حفره‌های ناشی از فرسایش دیفرانسیل در مناطق کوهستانی و ناهموار)

مدل شماره‌ی یک در ارتباط با چاله‌هایی است که در خارج از دریاچه‌ی هامون قرار گرفته است. این چاله‌ها در ارتفاعات اطراف دریاچه‌ی هامون تشکیل شده‌اند. جنس اغلب این ارتفاعات از فلیش می‌باشد و از ترکیبات متعددی تشکیل شده‌اند. موادی که این ترکیبات را تشکیل می‌دهند، از نظر مقاومت در برابر فرسایش یکسان نیستند و دارای مقاومت‌های متفاوتی در مقابل فرسایش و هوازدگی بوده و این امر سبب گردیده است که لایه‌هایی که در مقابل فرسایش دارای مقاومت کم‌تری هستند، در معرض فرسایش بیش‌تری قرار گیرند. این عامل سبب ایجاد فرسایش دیفرانسیل یا تفریقی و ایجاد حفره‌های میان‌کوهی شده است (شکل ۶).

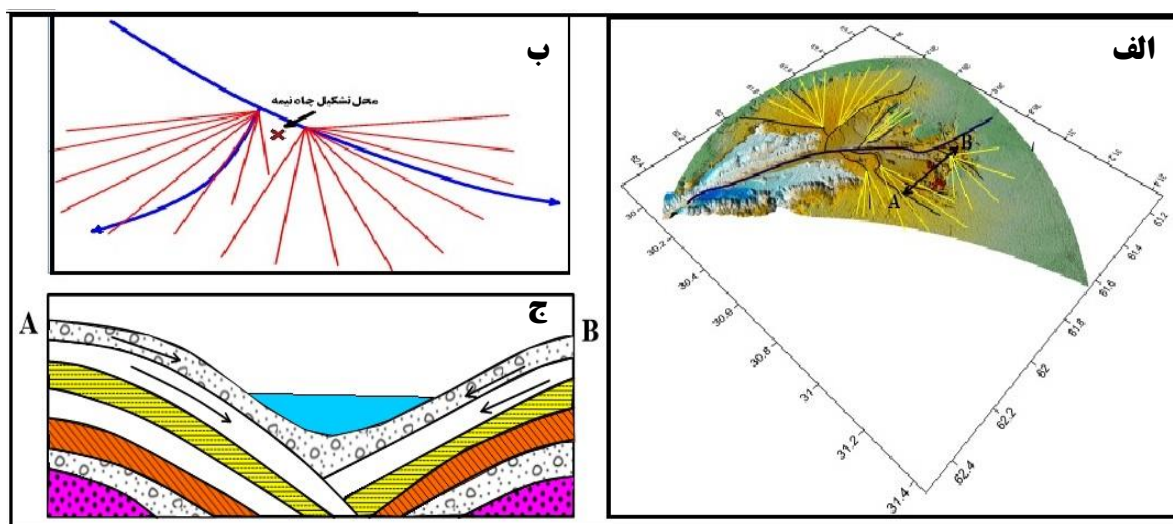


شکل ۶: حفره‌های ناشی از فرسایش دیفرانسیل در مناطق کوهستانی و ناهموار (منبع: نگارندگان)

در تصویر الف شکل (۶) نمایی سه بعدی از ایجاد چاله‌های فرسایشی در مناطق کوهستانی اطراف هامون بزرگ، مشاهده می‌گردد. همان‌طور که دیده می‌شود، فرسایش دیفرانسیل و هوازدگی سبب ایجاد چاله‌های متعددی در ارتفاعات کوهستانی واقع در غرب هامون بزرگ گردیده است. در تصاویر ب و ج نیم‌رخ شماتیک آن نشان داده شده است.

۴-۲- مدل شماری دو (تقاطع آبراهه‌های یک مخروطه‌ی دلتایی)

دومین مدلی که در مورد نحوه‌ی پیدایش چاه‌نیمه در حوضه‌ی مورد پژوهش می‌توان شناسایی کرد، تقاطع آبراهه‌های یک مخروطه‌ی دلتایی است. در این زمینه ذکر این مطلب ضروری است که رودخانه‌ها و آبراهه‌هایی که به چاله‌ی هامون بزرگ منتهی می‌شدند، مقدار زیادی رسوب همراه خود به این چاله حمل کرده و به شکل بادبزنی‌هایی (Fan) در داخل آب رسوب می‌داده‌اند. چون این فرآیند رسوب‌گذاری در داخل آب صورت گرفته است، دارای شیب بسیار کم و ناچیزی است که اصطلاحاً به آن‌ها، مخروطه‌های دلتایی گفته می‌شود و از نظر بافت و شیب کاملاً با مخروطه‌افکنه‌هایی که در داخل قاره‌ها تشکیل می‌شود، متفاوت است. در این مخروطه‌ها زمانی که آب جریان داشته، می‌توانسته شیارهای متعددی در سطح مخروطه ایجاد کند و بعضی از این شیارها دارای یک معبر خاص نبوده است و از چندین معبر، آب را وارد چاله هامون می‌نموده است. در بسیاری موارد، این معابر که مجرای ورود آب به چاله‌ی هامون بوده‌اند، با هم‌دیگر تلاقی پیدا می‌کردند و تلاقی این معابر سبب ایجاد چاله‌هایی در محل تلاقی شده است. در شکل (۷) نحوه‌ی تکوین آن‌ها نمایش داده شده است.

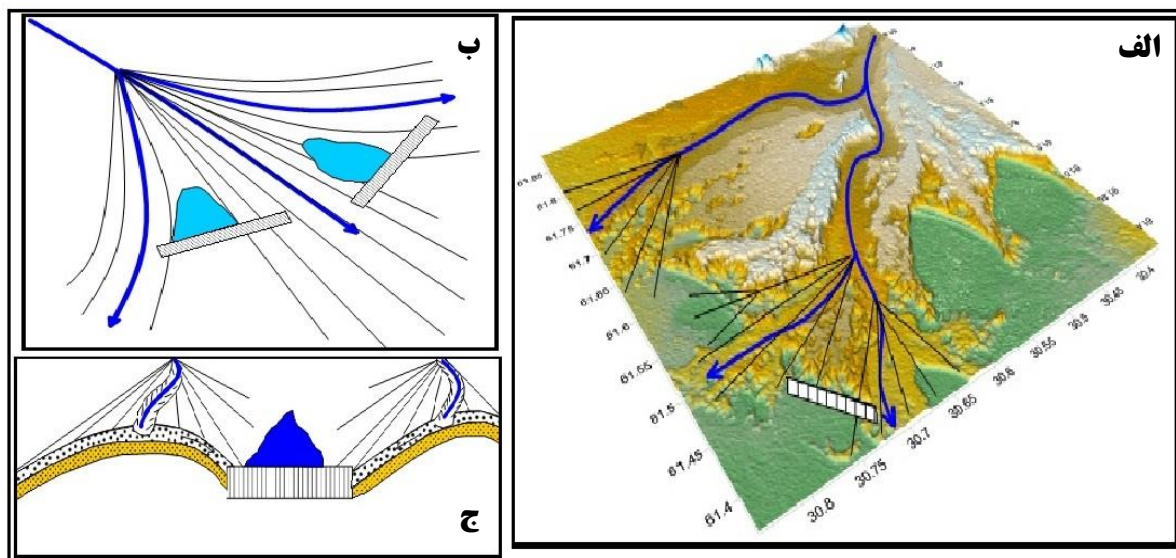


شکل ۷: تقاطع آبراهه‌های یک مخروطه‌ی دلتایی (منبع: نگارندگان)

در تصویر الف شکل (۷) فرم طبیعی منطقه از تصاویر ماهواره‌ای تهیه گردیده است. در این تصویر مشاهده می‌گردد که چندین مخروطه‌افکنه در درون یک مخروطه‌ی دلتایی بزرگ شکل گرفته است و تقاطع مخروطه‌افکنه‌ها با یکدیگر سبب ایجاد چاله‌هایی گردیده است. جهت نمایش بهتر این موضوع تصاویر شماتیک ب و ج که نمایشی از برخورد این مخروطه‌افکنه‌ها و به تله افتادن آب در محل برخورد آن‌هاست، نشان داده شده است.

۴-۳- مدل شماری سه (چاله‌ی ایجاد شده میان دو آبراهه‌ی مجاور یک مخروطه‌افکنه)

مدل شماری سه در ارتباط با آبراهه‌هایی است که در مجاور هم از یک مخروطه‌افکنه‌ی واحد وارد هامون می‌شدند، ولی هم‌دیگر را قطع نمی‌کردند. هر یک از این آبراهه‌ها که وارد چاله‌ی مرکزی شده است، در حاشیه‌ی خود رسوبات را انباشته و این عامل باعث ایجاد یک بالا آمدگی و اختلاف ارتفاع می‌شده است. از آنجایی که این رسوبات تحت تأثیر فرسایش بودند، یک گودال یک سمت باز ایجاد می‌کنند که می‌توان با بستن سمت باز آن، به صورت یک چاله از آن استفاده کنیم. در شکل (۸) نحوه‌ی تکوین، پیدایش این چاه‌نیمه‌ها و نمایی سه بعدی از این چاله‌ها نمایش داده شده است.

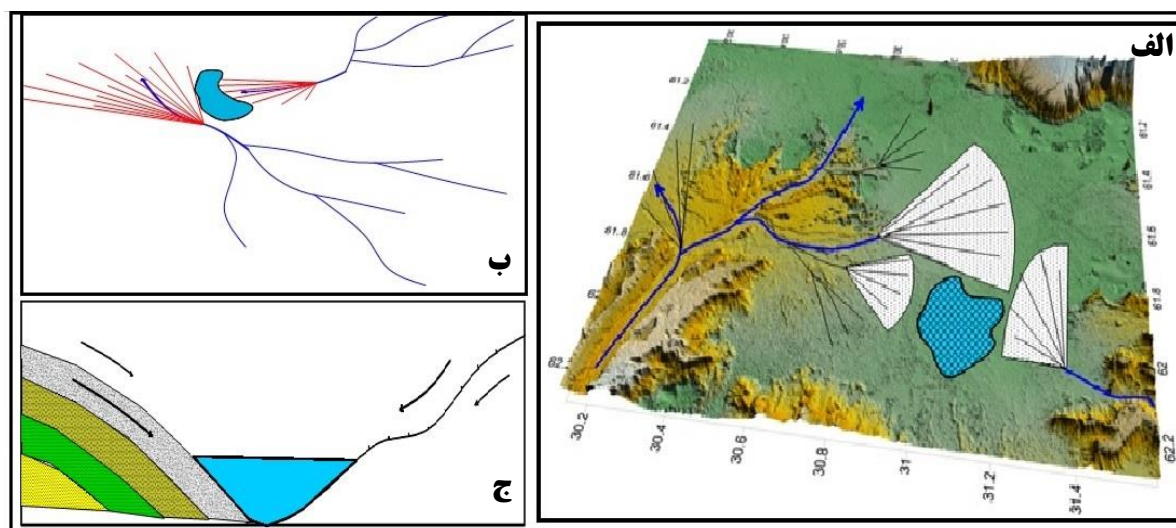


شکل ۸: چالهی ایجاد شده میان دو آبراهه مجاور یک مخروط افکنه (منبع: نگارندگان)

در تصویر الف شکل (۸) نمای سه بعدی منطقه و مخروطه‌های دلتایی موجود بر منطقه نمایش داده شده است و می‌توان گفت با بستن سمت باز چاله‌های مدل سه، جهت مدیریت آب منطقه استفاده‌ی بهینه نمود.

۴-۴- مدل شماره‌ی چهار (برخورد پنجه‌های دو مخروط افکنه‌ی متقاطع)

مدل چهارم مربوط به تقاطع پنجه‌ای دو مخروط افکنه‌ی دلتایی با یکدیگر می‌باشد. در زمان گذشته مخروطه‌های دلتایی آبراهه‌های متعددی را به صورت پنجه‌وار وارد چالهی هامون می‌نمودند که اگر چنانچه این پنجه‌ها به مهم می‌رسیدند به دلیل عدم رسوب‌گذاری یکسان در همه جای این دریاچه، این پنجه‌ها با یکدیگر برخورد می‌کردند و در نتیجه این برخورد در میانه این پنجه‌ها چاله‌هایی ایجاد می‌شده است که دور تا دور آن بسته می‌باشد (شکل ۹).

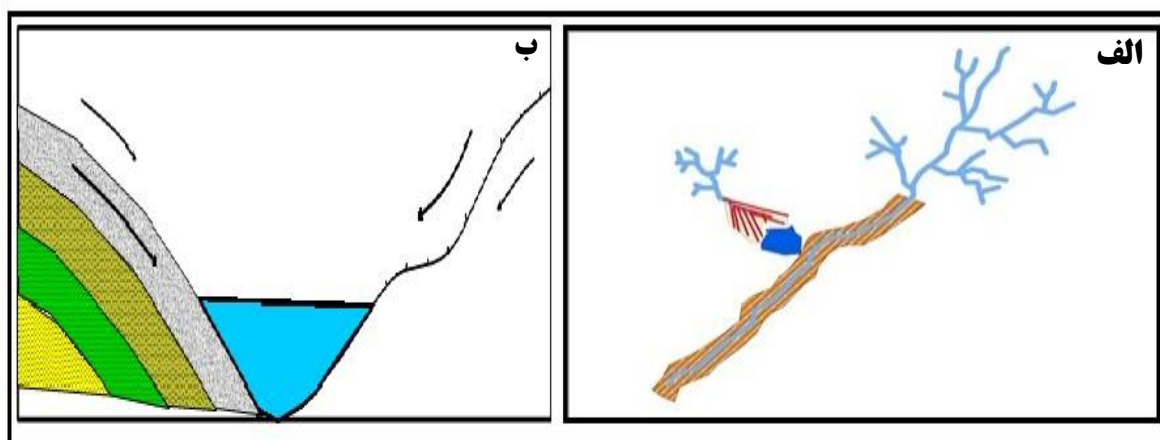


شکل ۹: برخورد پنجه‌های دو مخروط افکنه‌ی متقاطع (منبع: نگارندگان)

در تصویر الف شکل (۹) همان‌طور که مشاهده می‌گردد مخروطه‌های دلتایی آبراهه‌های اصلی در محیط هامون بزرگ با یکدیگر برخورد کرده‌اند. در محل تلاقی این مخروطه‌های دلتایی، حفره‌هایی به واسطه‌ی عدم رسوب‌گذاری در این محل‌ها ایجاد گردیده است. تصاویر ب و ج این موضوع را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.

۴-۵- مدل شماره‌ی پنج (رسوب‌گذاری جانبی یک آبراهه و مسدود کردن مسیر آبراهه‌ی مجاور)

در یک مخروط‌افکنه معبرهای متعددی جهت عبور جریان آب شکل می‌گیرد. این معبرها از نظر حجم آب عبور داده شده و فرسایش با یکدیگر متفاوت هستند و به عبارتی، اگر یک معبر دارای حجم آب عبوری و فرسایش بیش‌تری باشد و با معبر مجاور برخورد و مسیر تداخلی پیدا کند، در محل تداخل حفره‌ی بسته‌ای ایجاد می‌شود. این حفره‌ها که معمولاً کوچک‌تر از مدل‌های دیگر است، بستر چاه‌نیمه‌های فعلی را به وجود آورده‌اند.



شکل ۱۰: رسوب‌گذاری جانبی یک آبراهه و مسدود کردن مسیر آبراهه مجاور (منبع: نگارندگان)

در شکل (۱۰) با توجه به این‌که ابعاد چاله‌ها بسیار کوچک بود، امکان نمایش سه بعدی آن وجود نداشت. در تصاویر الف و ب مشخص می‌گردد در مواقعی که بارندگی‌های شدید صورت می‌گرفته، معبری که دارای حجم رسوب‌گذاری بیش‌تری بوده است، با گذاشتن رسوبات در مقابل معبر رقیب جلو آن معبر را سد کرده و این فرآیند سبب ایجاد حفره‌های آبی می‌گردیده است.

۴-۶- چاه‌نیمه‌ها و مدیریت آب در منطقه

منطقه‌ی مورد مطالعه منطقه‌ای با دشت‌سرهای هموار است که به چاله‌ی هامون کشیده می‌شود و به این دلیل امکان ذخیره‌ی آب در سدهای مصنوعی و انسان ساخت وجود ندارد. از طرفی ساختار دشت‌سرها برای ذخیره‌سازی آب در سفره‌های زیر زمینی مناسب نبوده و ظرفیت قابل توجهی را نمی‌تواند ذخیره‌سازی نماید. دلیل چنین استدلالی هم از نظر تاریخی به خوبی به واسطه‌ی نبودن قنوات^۳ در منطقه روشن است.

با این وصف، طبیعت پدیده‌ی خاص دیگری را به نام چاه‌نیمه‌ها ایجاد کرده است که نقش ذخیره‌کننده‌ی آبی را بدون تحمیل هزینه‌ی اضافی انجام دهد؛ لذا شناخت این چاله‌ها و ایجاد سیستم ارتباطی مابین آن‌ها می‌تواند ما را در ذخیره‌سازی و مانور آبی یاری دهد. بدین منظور لازم بود نسبت به شناسایی چاه‌نیمه‌ها و یا همان چاله‌های طبیعت‌ساخت

۳- در ایران مرکزی در اغلب شهرها و روستاها تعداد قنوات بسیار زیاد است، اما در منطقه‌ی سیستان به دلیل این‌که در دشت‌سرهای منطقه قابلیت ذخیره‌ی آب وجود ندارد، از نظر تاریخی سابقه‌ی قنوات وجود ندارد و لذا در این منطقه قنات‌های بسیار اندکی مشاهده می‌گردد.

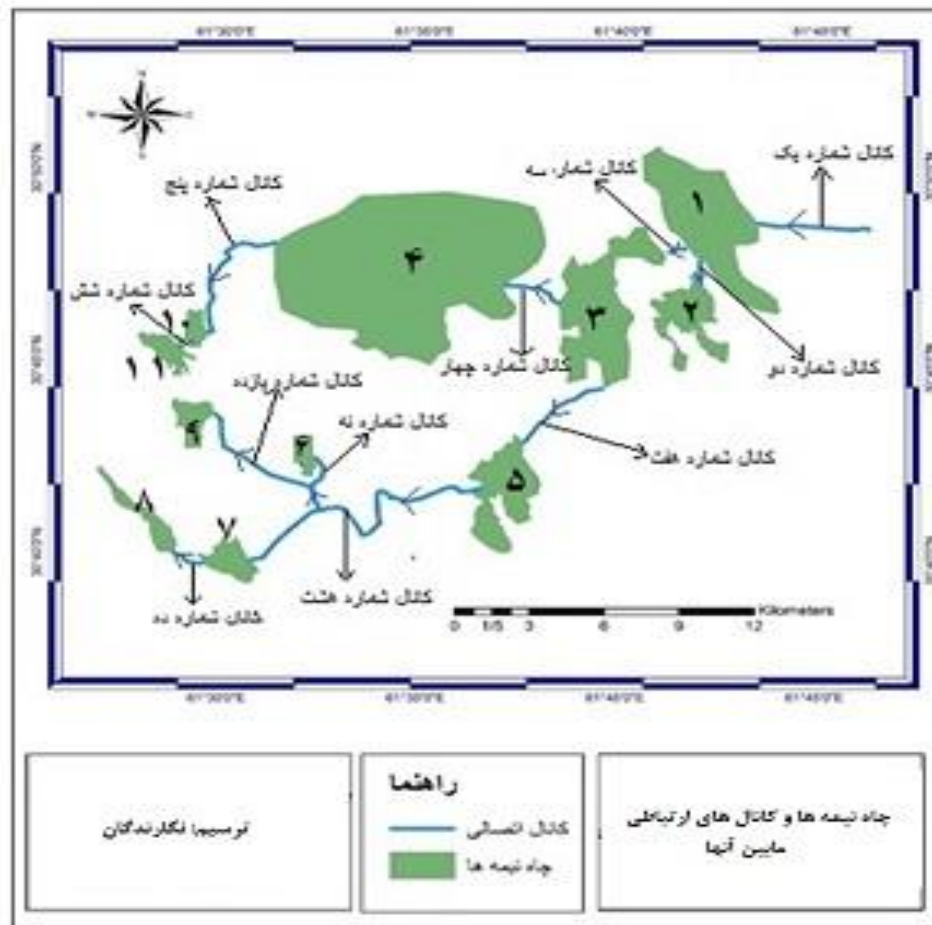
سطحی اقدام شود؛ لذا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰:۱ چاه‌نیمه‌های واقع در مناطق سرزمینی ایران شناسایی و مختصات حجمی آن‌ها محاسبه گردید^۴ جدول (۱).

جدول ۱: اطلاعات سرزمینی چاه‌نیمه‌ها

شماره	مساحت m^2	عمق	حجم m^3
۱	۱۸۱۰۹۵۱۷	۹	۱۶۲۹۸۵۶۵۳
۲	۶۰۴۰۰۵۸	۷	۴۲۲۸۰۴۰۶
۳	۱۶۲۰۵۶۵۴	۲۱	۳۴۰۳۱۸۷۳۴
۴	۶۲۵۲۸۸۶۹	۱۴	۸۷۵۴۰۴۱۶۶
۵	۸۹۲۰۶۸۱	۲۳	۲۰۵۱۷۵۶۶۳
۶	۴۸۶۳۴۳	۱۲	۵۸۳۶۱۱۶
۷	۳۹۲۳۹۱۹	۱۸	۷۰۶۳۰۵۴۲
۸	۳۷۸۰۹۸۶	۱۷	۶۴۲۷۶۷۶۲
۹	۲۷۹۱۳۱۷	۱۳	۳۶۲۸۷۱۲۱
۱۰	۷۴۱۷۴۸	۱۶	۱۱۸۶۷۹۶۸
۱۱	۳۳۷۱۷۷۵	۲۶	۸۷۶۶۶۱۵۱

مجموعه چاه‌های شناسایی شده مدیریت‌پذیر شامل یازده چاله است که چهار فقره از آن‌ها به شماره‌های یک، دو، سه و چهار در حال حاضر سامان‌دهی و آب‌گیری شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. مجموع حجمی آبی که می‌توان در این چاله‌ها ذخیره نمود، براساس بررسی‌های انجام شده بالغ بر یک میلیارد و نهصد میلیون مترمکعب است. این حجم آب برابر با دو برابر سد زاینده‌رود در اصفهان است. از طرفی برای آن که بتوان آب‌های احتمالی ذخیره شده در این چاله‌ها را به یکدیگر متصل نمود، بررسی امکان ایجاد یک سیستم ارتباط ثقلی بین چاله‌ها ضروری به نظر می‌رسید، لذا پس از بررسی‌های ژئومتری و مساحی‌های توپوگرافیک یک سیستم ارتباط ثقلی برای ۱۱ چاله فراهم گردید شکل (۱۱). این سیستم ارتباطی ثقلی قدرت مانور و ذخیره‌سازی آبی ما را به مرز یک میلیارد و نهصد میلیون مترمکعب بالا خواهد برد. لازم به ذکر است این سیستم ارتباطی به گونه‌ای تدارک گردیده که مانور آبی مابین چاله‌ها بدون هیچ‌گونه پمپاژ و با استفاده از نیروی ثقل انجام گیرد.

۴- مجموعه‌ی آب‌گیری شده در این چاله‌ها به میزان یک میلیارد و نهصد میلیون متر مکعب است و انتقال آب و مانور آبی در این چاله‌ها تنها از طریق نیروی ثقل انجام می‌گیرد.



شکل ۱۱: چاه‌نیمه‌ها و کنال ارتباطی مابین آن‌ها

کانال شماره‌ی یک: کانال شماره‌ی یک، نخستین مسیر ورودی آب از رودخانه‌ی هیرمند به سمت چاه‌نیمه‌ها می‌باشد. این کانال ۴ کیلومتر طول دارد و از نقطه‌ای در ارتفاع ۴۹۵ متری بر روی رودخانه هیرمند شروع می‌شود و در ارتفاع ۵۰۵ متری به چاله‌ی شماره‌ی یک می‌رسد.

کانال شماره‌ی دو: کانال شماره‌ی دو بر روی چاله‌ی شماره یک از ارتفاع ۴۹۵ متری شروع می‌شود و در ارتفاع ۴۹۳ متر بر روی چاله شماره دو به پایان می‌رسد. این کانال تقریباً ۷۹۰ متر طول دارد.

کانال شماره‌ی سه: کانال شماره‌ی سه؛ این کانال از ارتفاع ۴۹۴ متری بر روی چاله‌ی شماره‌ی یک شروع می‌گردد و در ارتفاع ۴۹۳/۵ متری بر روی چاله‌ی شماره‌ی سه به پایان می‌رسد. کانال شماره‌ی سه ۹۵۱ متر طول دارد.

کانال شماره‌ی چهار: کانال شماره‌ی چهار از ارتفاع ۵۰۰ متری بر روی چاله‌ی شماره‌ی سه شروع می‌شود و در ارتفاع ۴۹۰ متری بر روی چاله‌ی شماره‌ی چهار به پایان می‌رسد. کانال شماره‌ی چهار ۲/۳ کیلومتر طول دارد.

کانال شماره‌ی پنج: کانال شماره‌ی پنج، چاله‌ی شماره‌ی چهار را به وسیله‌ی کانالی از ارتفاع ۴۹۴ متری به چاله‌ی شماره‌ی ده در ارتفاع ۴۹۲ متری متصل می‌نماید. این کانال تقریباً ۶/۵ کیلومتر طول دارد.

کانال شماره‌ی شش: کانال شماره‌ی شش، چاله‌ی شماره‌ی ده را از طریق کانالی به طول ۴۹۸ متر از ارتفاع ۴۹۲ متری به چاله‌ی شماره‌ی یازده در ارتفاع ۴۹۰/۵ متری متصل می‌نماید. این کانال ۵۱۵ متر طول دارد.

کانال شماره‌ی هفت: کانال شماره‌ی هفت، چاله‌ی شماره‌ی سه را از طریق کانالی در ارتفاع ۵۱۰ متری به چاله‌ی شماره‌ی پنج در ارتفاع ۵۰۶/۵ متری متصل می‌نماید. این کانال ۴/۴۳ کیلومتر طول دارد. حداکثر حفاری که در این کانال باید صورت بگیرد، به میزان ۵ متر است.

کانال شماره‌ی هشت: کانال شماره‌ی هشت به طول ۱۳ کیلومتری چاله‌ی شماره‌ی پنج را به چاله‌ی شماره‌ی هفت اتصال می‌دهد. این اتصال از ارتفاع ۵۰۶ متری در کانال شماره‌ی پنج شروع و به ارتفاع ۵۰۰ متری کانال شماره‌ی هفت می‌رسد.

کانال شماره‌ی نه: کانال شماره‌ی نه از درون کانالی که چاله‌ی شماره‌ی سه را به پنج اتصال می‌دهد، آب را از نقطه‌ای در ارتفاع ۵۰۰ متری به چاله‌ی شماره‌ی شش در ارتفاع ۴۹۱ متری متصل می‌نماید. این کانال ۲/۹ کیلومتر طول دارد.

کانال شماره‌ی ده: کانال شماره‌ی ده، چاله‌ی شماره‌ی هفت را از ارتفاع ۵۰۱ متری از طریق کانالی ۱/۵ کیلومتری به چاله‌ی شماره‌ی هشت متصل می‌نماید. حداکثر مسیر خاک‌برداری در این کانال حدود ۱۴۵۱ متر می‌باشد.

کانال شماره‌ی یازده: کانال شماره‌ی یازده از ارتفاع ۵۰۰ متری شروع می‌شود و به چاله‌ی شماره‌ی نه در ارتفاع ۴۹۵ متری از سطح دریا می‌رسد این کانال ۶/۹ کیلومتر طول دارد و میزان خاک‌برداری در این کانال حدود ۵ متر در مسیری به میزان ۹۰۰ متر می‌باشد. آبیگری چاله‌ی شماره‌ی نه از طریق کانالی انجام خواهد گرفت که چاله‌ی شماره‌ی پنج را به هفت اتصال داده است.

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با توجه با بررسی‌های انجام گرفته، مشخص گردید چاه‌نیمه‌ها دارای پنج مدل تکوینی هستند که از پنج مدل شناسایی شده، یک مدل کندوکاوی و چهار مدل دیگر فرسایشی است؛ به عبارت دیگر تنها یکی مدل از پنج مدل که در ارتفاعات کوهستانی مشاهده می‌گردد، به واسطه‌ی فرسایش تفریقی در رسوبات معروف به فلیش زاهدان به وجود آمده و چهار مدل دیگر در رسوبات دلتایی ورودی به دریاچه‌ی هامون بزرگ شکل گرفته است؛ بنابراین می‌توان مراحل تکوین و به وجود آمدن چاه‌نیمه‌ها را پدیده‌ای صرفاً فرسایشی تلقی نمود که چهار مدل از تکوین آن دقیقاً در رسوبات ترازهای متفاوت دریاچه‌ی هامون و رسوبات دلتایی رودخانه‌ی هیرمند به وجود آمده است. بر اساس آن چه استدلال شد، می‌توان نتیجه گرفت چاه‌نیمه‌ها که صرفاً حاصل یک فرآیند فرسایش آبی (رودخانه‌ای، دلتایی، دریاچه‌ای و فرسایش تفریقی) است، پدیده‌های خاصی را به وجود آورده است که می‌توان از آن به عنوان ذخیره‌کننده‌های طبیعی آب در منطقه یاد کرد. لذا با توجه به آن که نیاز آبی منطقه (جمعیت حدود یک میلیون و چهارصد هزار نفر) یک میلیارد و هشتصد میلیون مترمکعب در بهترین حالت، توسط سازمان آب منطقه‌ای برآورد گردیده است، می‌توان دریافت که چاله‌های طبیعت‌ساخت موجود در منطقه توان تأمین منابع آب مورد نیاز ساکنین منطقه را خواهد داشت. بدیهی است که کل آب دریافتی در حوضه‌ی آبی هامون بالغ بر ۳۶ میلیارد مترمکعب می‌باشد، اگرچه بخش عمده‌ای از این بارش دریافتی تبخیر می‌شود، ولی ذخیره‌سازی ظرفیت یک میلیارد و نهصد میلیون مترمکعبی در چاه‌نیمه‌ها، عددی دست‌یافتنی و بیانگر وجود آب کافی در منطقه است؛ بنابراین اگرچه در منطقه جریان متمرکز آبی مستمر و مطمئنی وجود ندارد و ایجاد ذخیره‌کننده‌های مصنوعی به واسطه‌ی شرایط توپوگرافیک امکان‌پذیر نیست و از طرفی سفره‌های زیرزمینی مناسب در دشت‌سرهای منطقه‌ای، ذخیره‌ی آبی قابل توجهی را نمی‌تواند فراهم آورد، اما وجود چاه‌نیمه‌ها که پدیده‌ای طبیعی به شمار می‌آیند، قادر خواهند بود فراتر از نیازهای عمومی، ذخیره‌سازی آب را از سیلاب‌های فصلی و بارش‌های اتفاقی برای ما فراهم آورند.

۶- منابع

۱. بهرامی، شهرام، زنگنه اسدی، محمدعلی، عزیزی پور، گوهر، بهرامی، کاظم (۱۳۹۰). بررسی نقش اشکال و فرآیندهای ژئومورفولوژی در کیفیت سنگ دانه‌ها در حوضه‌ی آبخیز خرماآباد، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره‌ی ۴۳، شماره‌ی ۷۸، صص ۶۹-۸۲.
۲. حسین‌زاده، محمد مهدی، رحیمی هرآبادی، سعید (۱۳۹۲). مفهوم آستانه‌ها در ژئومورفولوژی، فصلنامه‌ی سپهر، دوره‌ی ۲۲، شماره‌ی ۷۸، صص ۷۷-۸۰.
۳. خورشیددوست، علی محمد، رضایی مقدم، محمد حسین، احمدی، محمد، خالقی، سعید (۱۳۹۰). نقش فرآیندهای ژئومورفولوژیک رودخانه‌ای در ایجاد مخاطرات محیطی شهر سقز در استان کرمانشاه، فصلنامه‌ی فضای جغرافیایی، دوره‌ی ۱۱، شماره‌ی ۳۵، صص ۲۳۴-۲۰۹.
۴. زمردیان، محمدجعفر، خاکپور، معصومه، ولایتی، سعیدالله (۱۳۹۱). تحلیل فرآیندهای هیدروژئومورفولوژیک حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی مهارلو بر مبنای روابط تعاملی فرآیندهای مورفوتکتونیک، مورفوکلیماتیک و هیدرومورفیک، فصلنامه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی ۱۹، صص ۴۷-۷۰.
۵. عطایی کیا، احسان (۱۳۹۴). بررسی واحد‌های هیدروژئومورفولوژی استان سیستان و بلوچستان بر مبنای سطوح اساس محلّی مطالعه‌ی موردی هامون هیرمند، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان.
۶. علائی طالقانی، محمود (۱۳۹۰). ژئومورفولوژی ایران، چاپ ششم، تهران: نشر قومس.
۷. لکزاییان پور غلامحسین، طباطبایی محمود، بارانی، محمد امین، نغی رامین (۱۳۹۲)، ارزیابی کمی و کیفی منابع آب چاه‌نیمه، کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب، تهران.
۸. مددی، عقیل، رضایی مقدم، محمدحسین، رجائی، عبدالحمید (۱۳۸۳). پژوهشی در تکامل ژئومورفولوژی دریاچه‌ی نئور، شمال غرب ایران (منطقه‌ی اردبیل)، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی ۷۴، صص ۱۰۳-۹۲.
۹. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۲). ژئومورفولوژی ایران (چاپ دوم)، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۱۰. منابع آب دشت سیستان (۱۳۸۳)، طرح پژوهشی دفتر مطالعات اداره‌ی آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان.
۱۱. نصیری، علی، دانشمندی، اسماعیل (۱۳۹۰). تحلیل لندفرم‌ها و فرآیندهای هالوکارستی دریاچه‌ی ارومیه، دو فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، دوره ۲، شماره ۳، صفحه ۳۴-۲۳.
۱۲. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح به شماره‌های ۵-NH۴۱، ۴۰-NH۴، ۲-NH۴۱، ۴۱-NH۴۱، ۹-NH41، ۴۰-NH۱۶، ۴۱-NI۱۳، ۴۰-NH۸، ۴۰-NH۱۲، ۴۱-NH۱، ۴۱-NH۱۰، ۴۱-NH۴۱ و ۱۴-NH۴۱.
۱۳. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح به شماره‌هایی (۲)۸۳۵۱، (۳)۸۳۵۱، (۲)۸۲۵۱، (۱)۸۲۵۱.
14. Fuller, Ic. Brierley, GJ. (2013). Methods in Geomorphology: Investigating River Channel Form, Treatise on Geomorphology, Volume 14, pp 73-91.
15. http://docs.lib.noaa.gov/rescue/data_rescue_afghanistan.
16. http://eu soils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/EuDASM/Asia/lists.
17. <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>.
18. <http://www.aims.org.af/sroots>.
19. <http://www.lib.utexas.edu/maps/jog/afghanistan>
20. https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3.
21. Langer, W.H., Drew, L.J. and Sachs, J.S. (2004). Aggregate and the Environment: American Geological Institute Environmental Awareness Series, Number 8, pp 64.

22. Lindsey, D.A., and Melick, R. (2002) Reconnaissance of Alluvial Fans as Potential Sources of Gravel Aggregate, Santa Cruz River Valley, Southeast Arizona, U.S. Geological Survey Open-File Report 02-0314.
23. Stetler, L.D. (2014). Geomorphology, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Volume 10, pp 1-10.