

کاربرد تصاویر ETM لندست و تکنیک G.I.S در بررسی قلمروهای دیرینه پلایای گاوخونی

عبدالله سیف
دانشجوی دکتری جغرافیا دانشگاه اصفهان

دکتر محمدحسین رامشت
دانشیار جغرافیا دانشگاه اصفهان

چکیده

پلایای گاوخونی به عنوان یک میراث و بایگانی کواترنر در ایران وقوع حوادث اقلیمی محیطی را به صور گوناگون در بستر خود به تصویر کشانیده و از جایگاه خاصی در میان قلمروهای ژئومورفولوژیکی ایران برخوردار می‌باشد. به عبارت دیگر در ایران قلمرو کواترنر تنوع اشکال مورفیک دیرینه نشان از حاکمیت فازهای مختلف سرد و گرم اقلیمی کواترنر تغییر بیلان ماده و انرژی در سطوح مختلف ژئومورفیک دارند. متد بررسی و تحلیل در این مقاله متکی به سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور می‌باشد. لذا تکنیک‌های به کار رفته در جریان تحقیق عبارتند از: عملیات ورود و تبدیل فرمت باندهای سنجنده ETM+ بررسی آماری باندها تصحیح هندسی تصاویر عملیات موزائیک انطباق و هموارسازی تصاویر تهیه‌ی منحنی‌های طیفی قلمروها و فرم‌ها انتخاب بهترین ترکیب باندی آنالیز مؤلفه‌های اصلی ادغام اطلاعات سنجنده ETM+ لندست هفت با یکدیگر به کارگیری عملیات متعدد بازسازی ضمناً در بخش سیستم اطلاعات جغرافیایی نیز از عملیاتی چون تهیه‌ی لایه‌های متعددی از قبیل لایه‌ی آبراهه لایه‌ی طیف‌های ارتفاعی لایه‌ی شیب مدل رقومی ارتفاعی و نیز استخراج قلمروها و لایه‌های موضوعی ژئومورفولوژی استفاده گردید.

در ارتباط با توانمندی سنجش از دور و GIS در شناسایی قلمروهای دیرینه‌ی ژئومورفیک گذشته گاوخونی باید اذعان نمود که در این تحقیق با به کارگیری یک مدل ابداعی قلمرو گاوخونی در چهار فاز مختلف پیشروی و پسروی بازسازی گردید. پس از شناسایی و تفکیک قلمروها عملیات تطابق فرم‌های ژئومورفیک دیرینه از جمله دلتاها و تراس‌های دریاچه‌ای در پیرامون فازهای گذشته صورت گرفت و نقشه‌های زمین ریخت‌شناسی موضوعی تهیه گردید. این روش برای اولین بار در قلمرو پلایای گاوخونی به کار رفته است و به عنوان روشی قابل اعتماد در جهت بررسی سایر کویبرهای ایران پیشنهاد می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: پلایای گاوخونی، تصاویر لندست هفت، آنالیز تصاویر، مدل رقومی ارتفاع، قلمروهای دیرینه، نقشه‌های موضوعی.

مقدمه

پلایای گاوخونی به‌عنوان یکی از دریاچه‌های بارانی و چاله‌های تراکمی کواترنر از جایگاه ویژه‌ای در میان قلمروهای دوران چهارم ایران برخوردار است. تحلیل قلمروهای مورفواستاتیک دیرینه‌ی گاوخونی ما را در بازسازی میراث‌ها و ردپای حاکمیت رژیم‌های ژئومورفیک دریاچه‌ای، رودخانه‌ای و بادی در اقصی نقاط این پلایا یاری می‌نماید. در ارتباط با مطالعه‌ی تاریخ طبیعی پلایای گاوخونی پژوهشگران داخلی از جمله جعفریان (۱۳۶۵: ۲۹)، رامشت (۱۳۷۱: ۱۴۹)، سیف (۱۳۸۰: ۱۳)، پاکزاد (۱۳۸۰: ۵۴) تحقیقاتی را انجام داده‌اند.

همچنین محققان خارجی از جمله کرینسلی (Krinzly, 1970: 219)، بروکس و شلمون (Brookess, Shelmon, 1978: 26) به پلایاهای ایران و از آن جمله گاوخونی اشاراتی داشته‌اند. لیکن از نقاط قوت این پژوهش بازسازی قلمروهای پیشین این پلایا با استناد به تکنیک GIS و آنالیز تصاویر ماهواره‌ای لندست می‌باشد که برای نخستین بار در ایران و دنیا صورت گرفته است.

با استمداد از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان قلمروهای دیرینه‌ی کواترنر را بازسازی نمود. البته پارامترهایی چون قدرت تفکیک طیفی و فضایی تصاویر ابعاد لندفرم‌ها انعکاس طیفی سطوح و فرم‌ها قابلیت تحلیل و شناسایی و تفکیک قلمروها را متأثر می‌سازد. روش و متدولوژی این مقاله استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و تکنیک GIS می‌باشد. مطالعات ژئومورفولوژی دیرینه‌ی گاوخونی با سنجش از دور این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوانیم ضمن فهم و درک صحیح از حاکمیت شرایط گذشته رفتار خود را با طبیعت ژئومورفیک منطقه‌ی مطالعاتی در راستای مدیریت محیطی صحیح همسو نمایم. لذا این تحقیق برای اولین بار در مطالعات ژئومورفولوژی دیرینه‌ی پلایای گاوخونی صورت گرفته و به‌عنوان یک متد و مدل قابل اعتماد جهت بررسی و بازسازی قلمروها و سیستم‌های شکل‌زایی سایر پلایاهای ایران پیشنهاد می‌گردد.

بحث اصلی

کاربرد سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در قلمروهای ژئومورفولوژی مناطق خشک به‌عنوان تکنیکی برتر توان مطالعاتی ژئومورفولوژیست‌ها را بالا برده و آنها را در بازسازی قلمروهای ژئومورفیک دیرینه و حال یاری نموده است.

ویژگی‌های خاص تصاویر ماهواره‌ای همچون ماهیت چند طیفی داشتن، امکان دید افقی و عمودی تصاویر، قابلیت موزائیک و اتصال تصاویر، کلان‌نگری و امکان دید وسیع

به قلمروها از طریق تصاویر، ارتباط فضایی و هندسی بین لندفرم‌ها و سطوح ژئومورفیک را مهیا ساخته و نیز فاکتورهایی همچون نوع اطلاعات، قدرت تفکیک طیفی و فضایی سنجنده‌ها، ابعاد لندفرم‌ها، رفتار طیفی متفاوت لندفرم‌ها، بارزسازی و شناخت پدیده‌های ژئومورفیک را به طرق گوناگون مقدور می‌سازد.

پلایای گاوخونی یکی از حوضه‌های تراکمی نئوژن - کواترنریک دریاچه تیپک بارانی دوران چهارم قلمداد می‌شود. وسعت این پلایا در کنترل سیکل‌های اقلیمی کواترنر و بیلان آبی رودخانه‌های ورودی به آن بوده است.

مگاسیلاب‌های سفره‌ای، کاتاستروفی و متمرکز زاینده‌رود و سایر شعبات از یک طرف رژیم استاتیک و رسوبگذاری در این پلایا را تحت تأثیر قرار داده‌اند و از طرف دیگر حاکمیت تناوب رژیم‌های اقلیمی بارانی و خشک دوران چهارم، باعث فازهای پیشروی و پسروی پلایا و تعویض فرایندهای شکل‌زایی در قلمرو آن گردیده است.

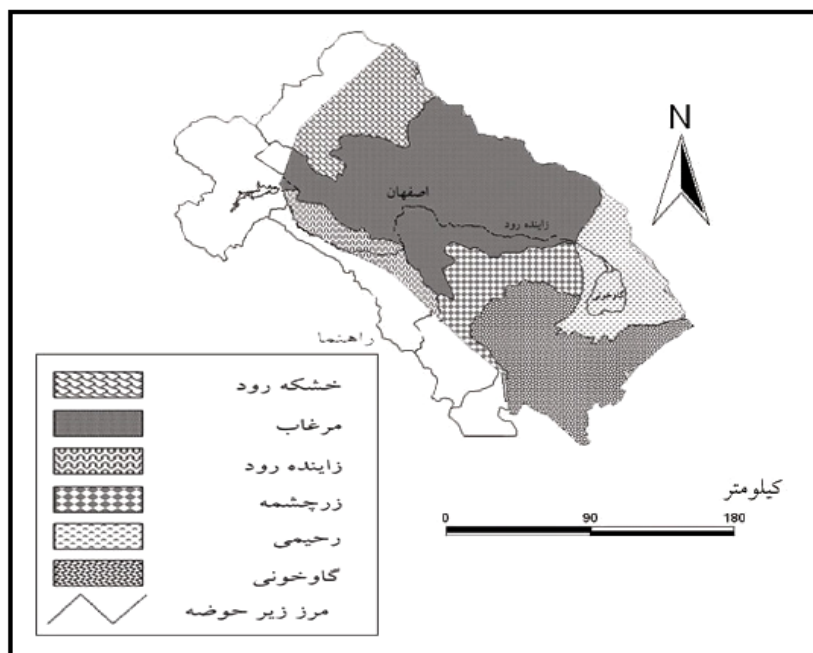
شناسایی میراث‌ها و ردپای حاکمیت رژیم‌های ژئومورفیک رودخانه‌ای، دریاچه‌ای، بادی و یخچالی در قلمرو پلایای گاوخونی تحولات اقلیمی کواترنر در منطقه را آشکار می‌سازد. زیرا رسوبات نئوژن - کواترنر این پلایا تحت تأثیر حرکات زمین‌ساخت واقع نگردیده و ثبات فرم‌ها و سطوح ژئومورفیک در این قلمرو فرصت شناسایی و تفکیک قلمروها را مهیا نموده است.

در ارتباط با مباحث ژئومورفولوژی قلمرو گاوخونی و حوضه‌ی زاینده‌رود تعدادی از محققان داخلی و خارجی مطالعاتی را انجام داده‌اند لیکن از به‌کارگیری تکنیک سنجش از دور و GIS در بررسی و بازسازی قلمروهای گذشته آن تاکنون هیچ‌گونه تحقیقی صورت نگرفته است. در اینجا به پاره‌ای از این مطالعات اشاره خواهیم نمود.

شلمون (1978:26) در ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان شش واحد زمین‌شناسی و پنج واحد ژئومورفولوژیکی را گزارش می‌دهد که همگی مربوط به دوران چهارم هستند. شلمون در پاورقی تحقیق خود خطوط ساحلی ۱۲۰ تا ۱۴۰ متر بالاتر از چاله‌ی گاوخونی را با کیفیت زیر قابل ردیابی دانسته است. خطوط ساحلی فوق به‌طور گسسته دست‌کم به مساحت ۷۵ کیلومتر در امتداد کناره‌ی شرقی باتلاق شکل گرفته‌اند. گذشته از این بقایای خطوط ساحلی جوان‌تر که تداوم کمتر دارند در نزدیکی ورزنه در مجاور باتلاق قرار دارند. رامشت (۱۳۷۱: ۱۴۹) با تحلیلی از دو سطح گاوخونی یک ارتباط تطابقی بین زبانه‌های یخچالی شیرکوه یزد و نیز سطوح آبی دریاچه‌ی گاوخونی انجام داده و سپس حجم تخلیه‌ی آب را در دریاچه‌ی گاوخونی تنها به رودخانه‌ی زاینده‌رود و نیز فاکتورهای اقلیمی کاهش دما و تبخیر نسبت داده

است. به عبارت دیگر با استناد به شواهد ژئومورفولوژی موجود در دامنه‌ی غربی و شرقی شیرکوه یزد (تطابق دو تراس گاوخونی با سیرک‌های یخچالی طزرجان یزد) کوشیده است تا شرایط دمایی ناحیه را تحلیل کند و سپس به بازسازی و رابطه‌ی تعادل یخ و سطح آب دریاچه‌ی گاوخونی با دما و میزان تبخیر مبادرت نماید. ایشان برای کاهش دما در مقایسه با بارندگی در ارتباط با بیلان آبی گاوخونی سهم بیشتری قایل می‌باشد.

محدوده‌ی مطالعاتی با مساحت ۳۰۰۰۰ کیلومتر مربع در برگیرنده بخش اعظمی از قلمرو حوضه‌ی زاینده‌رود می‌باشد و در مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه و ۴ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۴۵ دقیقه و ۶ ثانیه شرقی نسبت به نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. این در حالی است که عرض جغرافیایی محدوده‌ی مطالعاتی ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه و ۳۶ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۳۴ دقیقه و ۴۵ ثانیه‌ی شمالی از مدار استوا قرار گرفته است. ضمناً محدوده مطالعاتی در قلمرو حوضه‌ی گاوخونی واقع گردیده و قسمت اعظم زیر حوضه‌های مرغاب، خشکه‌رود، زرچشمه، رحیمی گاوخونی و حوضه‌ی زاینده‌رود را در بر می‌گیرد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت محدوده‌ی مطالعاتی در حوضه‌ی گاوخونی و زاینده‌رود

به دلیل وسعت قلمرو مطالعاتی، تصاویر پوشش‌دهنده‌ی منطقه را بخش‌هایی از سه تصویر ماهواره‌ای لندست در بر می‌گیرد که تصاویر مورد استفاده در منطقه‌ی مطالعاتی مربوط به سنجنده‌ی ETM+ ماهواره‌ی لندست هفت می‌باشد. ضمناً زمان، شماره‌گذار و ردیف‌های تصاویر به ترتیب ۳۷-۱۶۳ به تاریخ ۲ ژوئیه سال ۲۰۰۰ میلادی، ۳۷-۱۶۳ به تاریخ ۲ اوت سال ۲۰۰۰ میلادی و ۳۸-۱۶۳ به تاریخ ۲۷ می سال ۲۰۰۰ میلادی می‌باشد. ابعاد متفاوت فرم‌ها و سطوح ژئومورفیک، تنوع و تداخل قلمروها و فرم‌ها در یکدیگر، اختلاف در سرشت رسوبی فرم‌ها و رخساره‌ها و در نتیجه رفتار طیفی متفاوت سطوح ژئومورفیک تکنیک‌های خاصی را در راستای عملیات بارزسازی و آنالیز تصاویر قلمرو مطالعاتی طلب نمود.

تکنیک‌های مورد استفاده در تحقیق

جهت بررسی قلمروها و محدوده‌های پیشین گاوخونی از یک تکنیک ابداعی جدید یعنی استفاده از سطوح طیف‌های ارتفاعی مدل رقومی ارتفاعی نقشه‌ی شیب و نیز ردیابی قلمروها با پردازش تصاویر ماهواره‌ای منطقه استفاده نمودیم. لذا از عملیات و تکنیک‌های به کار رفته در جریان این تحقیق در بخش سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان به تهیه‌ی لایه‌ی طیف‌های ارتفاعی، لایه‌ی شیب مدل رقومی - ارتفاعی منطقه، لایه‌ی آبراهه و لایه‌های موضوعی ژئومورفولوژی اشاره نمود. ضمناً در بخش سنجش از دور از عملیات ورود و تبدیل فرمت باندهای سنجنده ETM+ بررسی آماری باندها، تصحیح هندسی تصاویر عملیات موزائیک انطباق و هموارسازی تصاویر تهیه‌ی منحنی‌های طیفی قلمروها و فرم‌ها انتخاب بهترین ترکیب باندی آنالیز مؤلفه‌های اصلی ادغام اطلاعات سنجنده ETM+ لندست هفت با یکدیگر، به کارگیری عملیات متعدد فیلترینگ و کنتراست استفاده گردید. در اینجا به تبیین عملیات G.I.S و سنجش از دور می‌پردازیم.

عملیات G.I.S

تهیه‌ی نقشه‌ی سطوح طیف‌های ارتفاعی محدوده‌ی مطالعاتی

ابتدا نقشه‌های توپوگرافی پوشش‌دهنده‌ی قلمرو مطالعاتی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ در محیط نرم‌افزار الویس توسط میز رقومگر به فرمت رقومی و لایه‌ی وکتوری تبدیل گردید. سپس پاره‌ای از عملیات از قبیل ویرایش اتصال نقشه‌های رقومی شده به یکدیگر

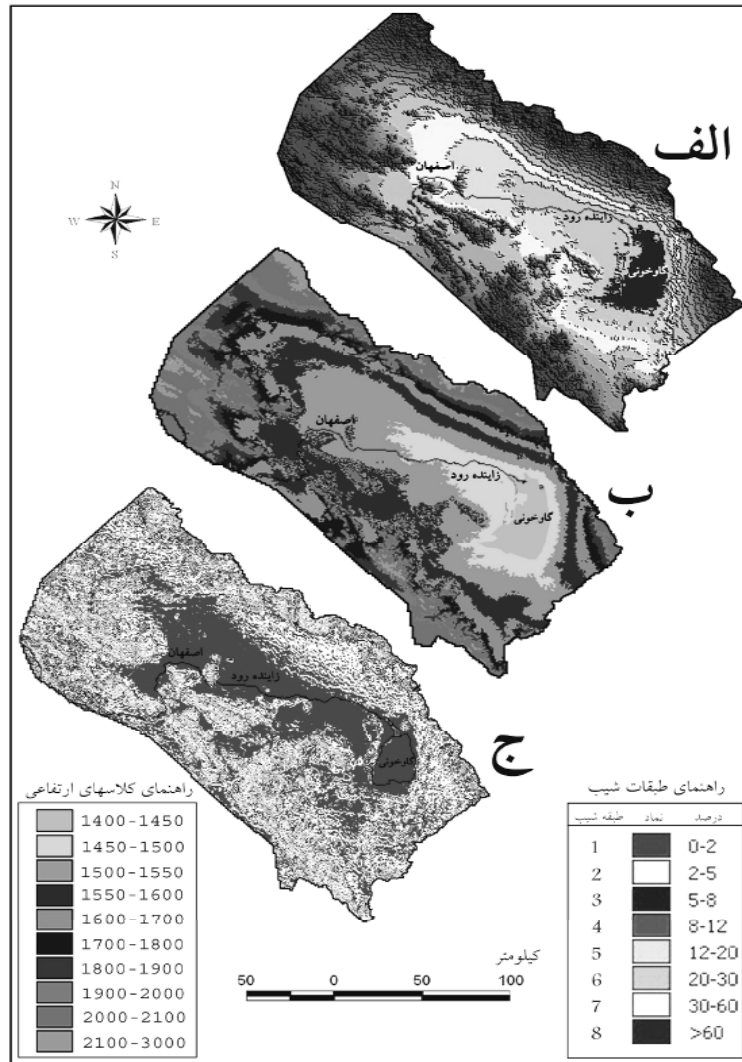
تصحیحات لازم در مرز بین حاشیه‌ها صورت گرفت و در مرحله‌ی بعدی عملیات شبکه‌ای نمودن و تبدیل فرمت نقشه‌ها از برداری به سلولی انجام پذیرفت. در مرحله‌ی بعد با استفاده از روش میان‌یابی به کلیه‌ی پیکسل‌ها ارتفاع اختصاص داده شد. پیکسل‌های سایز به‌کاررفته در عملیات درون‌یابی ۳۰ متر انتخاب گردید و در خاتمه نقشه طیف‌های ارتفاعی تهیه گردید (شکل ۲).

تهیه‌ی مدل رقومی ارتفاعی محدوده‌ی مطالعاتی

بعد از انجام کلیه‌ی عملیات که در قسمت قبل بیان گردید مدل رقومی محدوده‌ی مطالعاتی با قدرت تفکیک ۳۰×۳۰ متری نیز تهیه گردید. گرچه می‌دانیم که میزان دقت مدل D.E.M به مقیاس نقشه، فاصله‌ی خطوط میزان منحنی و انتخاب ابعاد پیکسل مورد نظر بستگی دارد؛ لذا مدل D.E.M تهیه شده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ به اهداف از پیش تعیین شده در تحقیق پاسخ مثبت داد (شکل ۲).

نقشه شیب و طبقات شیب محدوده مطالعاتی

نقشه‌ی شیب با این هدف که قلمروها و فرم‌های حاشیه‌ای آن در کدام کلاس شیب واقع می‌شوند تهیه گردید. بنابراین پس از انجام چند مرحله عملیات G.I.S در محیط نرم‌افزار الویس و با استفاده از تابع طبقه‌بندی و اعمال دوبار فیلترگذاری بر روی نقشه طبقات شیب تهیه و اصلاح گردید و سپس این نقشه با استفاده از متد طبقه‌بندی به ۸ کلاس برحسب درجه گروه‌بندی گردید (شکل ۲).



شکل ۲: الف- مدل ارتفاع رقومی ب- طیف‌های ارتفاعی
ج- نقشه‌ی شیب محدوده‌ی گاوخونی کبیر (سیف، ۱۳۸۳)

تحلیل و بررسی قلمروهای دیرینه‌ی گاوخونی با تکنیک G.I.S

پس از آنکه نقشه‌ی طیف‌های ارتفاعی تهیه شد با عملیات بزرگ‌نمایی و تحلیل سطوح ارتفاعی در مجاورت یکدیگر متوجه شدیم که مرزهای این سطوح از یک سری فرم‌های خاص ژئومرفولوژیکی از جمله دلتاهای بزرگ رودخانه‌ای تبعیت می‌کنند با پاره‌ای از عملیات میدانی و دیدن همزمان تصاویر ماهواره‌ای آنالیز شده مربوطه صحت این مسأله مورد تأیید قرار گرفت. سپس مبادرت به تهیه‌ی یک لایه وکتوری از منحنی‌هایی که از فرم‌های کلان تبعیت می‌کنند گردید. به عبارت دیگر پس از بررسی‌های میدانی و تصویری متوجه شدیم که سطوح و قلمروها تا چهار سطح پی در پی از فرم‌ها تبعیت می‌کنند. در مرحله‌ی بعد یک لایه وکتوری از این چهار قلمرو استخراج و طی عملیاتی در محیط GIS یک لایه موضوعی قلمروها از منحنی‌های مربوطه تهیه گردید. در مرحله‌ی بعد مدل رقومی ارتفاعی منطقه D.E.M با عملیات بزرگ‌نمایی بر روی صفحه‌ی رایانه تحلیل گردید. این مدل سه‌بعدی ارتباط معنی‌دارتری با فرم دلتاها پیدا می‌نمود سپس با تحلیل این مدل صحت ارتباط سطوح با قلمروها و جایگاه فرم‌ها در حاشیه‌ی قلمروهای دیرینه باز هم مورد تأیید قرار گرفت به عبارت دیگر حاشیه‌ی کلیه‌ی قلمروهای و سطوح چهارگانه که مرز آنها با منحنی‌های ارتفاعی ۱۴۵۰ و ۱۵۰۰ و ۱۵۵۰ و ۱۶۰۰ متری پوشش داده می‌شد با فرم‌های کوچک و بزرگ تحت عنوان دلتاهای جدید و قدیم رودخانه‌های ورودی به گاوخونی (رودخانه‌های زاینده‌رود مرغاب، خشک‌رود، زرچشمه و رحیمی) پیوندوارتباط معنی‌داری پیدامی‌نمود. در برخی قسمت‌ها منحنی‌های مختلف به تبعیت از دلتاها و فرم‌ها به حالت سینوسی و موج میل می‌نمودند در این مدل رقومی نیز تکرار سطوح در پی هم مشاهده گردید و با مقایسه‌ی نقشه‌ی سطوح ارتفاعی و مدل رقومی انطباق کامل بین قلمروها و فرم‌ها مورد تأیید قرار گرفت. سپس با استفاده از نقشه‌ی شیب به تحلیل قلمروهای دیرینه و فرم‌های حاشیه‌ای مزبور مبادرت گردید. قسمت اعظم محدوده‌ی مطالعاتی به‌ویژه بخش‌های میانی از دامنه‌ی شیب ۰ تا ۲ درجه تشکیل گردیده است. در نیمه‌ی غربی پلایا این دامنه به بیشترین مقدار می‌رسد زیرا نیمه‌ی شرقی گاوخونی به دیواره‌ی کوهستانی محدود می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان چنین استنباط نمود که جولانگاه پیشروی گاوخونی در فازهای بارانی کوتاه‌تر بیشتر به سمت محورهای جنوبی و شرقی گاوخونی بوده است.

با نگاه به نقشه‌ی شیب و سطوح چهارگانه‌ی قلمروها در حاشیه‌ی شرقی در کلاس شیب ۰ تا ۲ درجه تورفتگی‌هایی ملاحظه می‌شود که تعلق به فرم‌های دیرینه‌ی دلتاها دارد. لذا از طریق نقشه‌ی شیب نیز حدود پیشروی قلمروهای پیشین و فرم‌های حاشیه‌ای آن مشخص گردید و صحت تطابق قلمروها از نظر همگنی با کمترین کلاس‌های شیب مورد تأیید قرار گرفت. پس از تأیید صحت قلمروهای پیشین گاوخونی از طریق لایه‌ی طیف‌های ارتفاعی مدل رقومی ارتفاعی نقشه‌ی شیب و نیز تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار الویس و ای.آر.مپر طی چند مرحله عملیات GIS لایه‌های برداری (وکتوری) چندضلعی (پلیگونی) و شبکه‌ای (رستری) محدوده‌ی مطالعاتی استخراج و تهیه گردید تا امکان انجام عملیات همپوشانی با سایر لایه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای و نیز مساحی قلمروها در مراحل بعدی فراهم گردد.

عملیات سنجش از دور

تکنیک‌های سنجش از دور

تصحیح هندسی تصاویر

پس از وارد نمودن باندهای اولیه در محیط نرم‌افزار ER-Mapper 6.3 تصاویر با تعداد ۳۰ الی ۵۰ نقطه کنترل زمینی که از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش استخراج گردید و با دقت ۰/۵ متر در پیکسل تصحیح هندسی شدند (جدول شماره‌ی ۱). لازم به یادآوری است که به جهت انجام عملیات ادغام اطلاعات چند طیفی با پانگروماتیک ابتدا باند پانگروماتیک تصحیح هندسی گردید و سپس سایر باندها نسبت به آن تصحیح هندسی و ثبت شدند. آنگاه محدوده‌ی مطالعاتی را از تصویر مربوطه به دلیل حجم بالا برش دادیم و به ساختن متادیتا از باندهای مربوطه مبادرت نمودیم.

جدول ۱: تعداد نقاط کنترل زمینی و میزان خطای هریک از تصاویر چند طیفی (سیف، ۱۳۸۳)

میزان خطا (RMS)	تعداد نقاط کنترل زمینی	شماره‌گذار و ردیف
۰/۲۶	۴۱	۱۶۳/۳۷
۰/۲۹	۴۰	۱۶۳/۳۸
۰/۲۱	۴۲	۱۶۴/۳۷

تعیین بهترین ترکیب باندی

جهت تعیین بهترین ترکیب باندی از فاکتورهای OIF نیز استفاده گردید. روش OIF به عنوان فاکتورهای آماری ترکیب سه باند را به ترتیب میزان اطلاعات رتبه بندی می کند که بر اساس انحراف استاندارد و ضریب همبستگی بین باندها عمل می کند. لذا ترکیباتی که حاوی بیشترین اطلاعات بودند به ترتیب ترکیبات 432,765,742 بود. که در سایر عملیات از جمله ساختن RGB های مختلف و یا اعمال عملیات ادغام داده ها استفاده گردید

بررسی منحنی های طیفی

جهت بررسی رفتار طیفی باندها در قلمرو سطوح مختلف ژئومورفیک منطقه مبادرت به تهیه ی منحنی های طیفی نمودیم و بهترین باندها جهت ساختن تصاویر ترکیبی مورد شناسایی قرار گرفت.

آنالیز مؤلفه های اصلی (P.C.A)

هدف از کاربرد این تکنیک کاهش ابعاد داده های چند باندی به دو یا سه مؤلفه اصلی می باشد. با اعمال این روش اطلاعات از چند باند گرفته و متراکم می شود و شانس تفکیک پدیده ها افزایش می یابد. در واقع P.C.A یک نوع تبدیل جهت فشرده سازی و بازسازی اطلاعات باندها محسوب می گردد. این روش به تفسیر بهتر داده های ماهواره ای کمک می کند ضمن اعمال این تحلیل بر روی باندها توانستیم مؤلفه های چندگانه را استخراج نموده و بر حسب ضرورت از مؤلفه های تکی و یا ترکیبی استفاده نماییم و به تفسیر قلمروها و رخساره های ژئومورفیک از جمله دلتاها و آثار دریاچه ای مورد نظر بپردازیم.

ادغام اطلاعات (Data fussion)

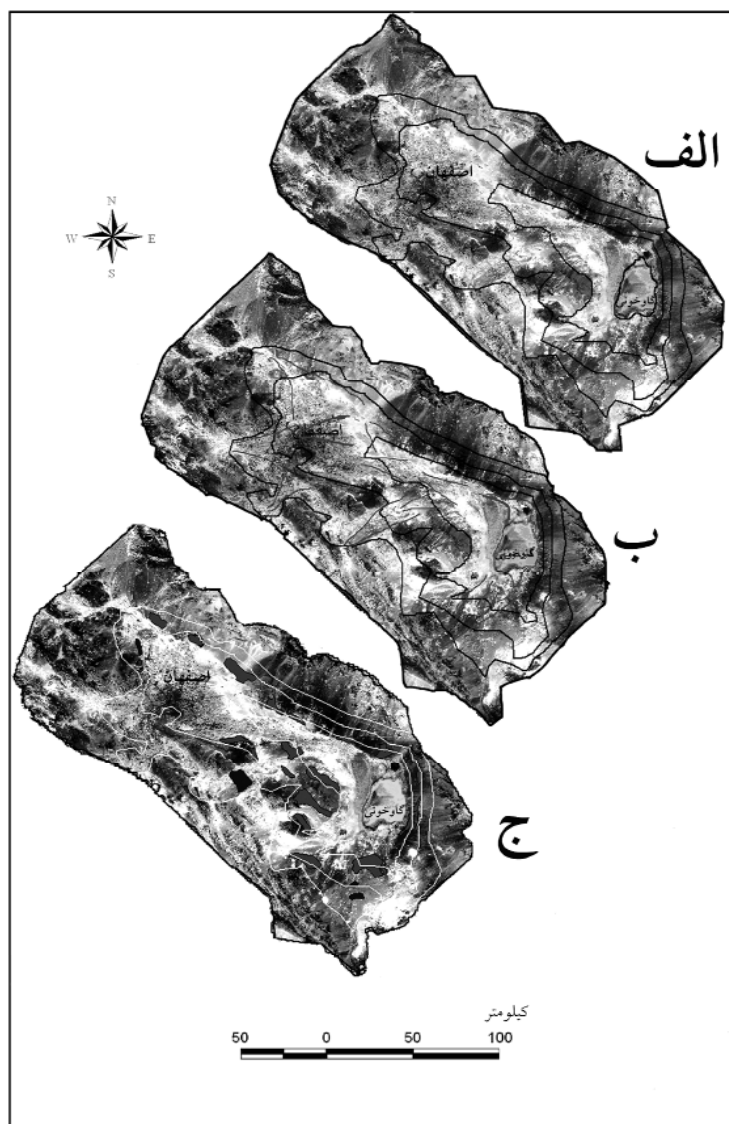
تصاویر چند طیفی محدوده ی مطالعاتی که قبلاً بر اساس باند پانگروماتیک (باند ۸) تصحیح هندسی و ثبت گردیده بودند بر اساس ترکیبات رنگی کاذب مورد نظر (RGB=742,432) در محیط نرم افزار ER- Mapper 6.3 با استفاده از الگوریتم (Brovy) با یکدیگر ادغام گردیدند. با اعمال فیلتر مکانی بالاگذار از نوع Sharpen بر روی باندها به کار رفته در ترکیبات و نیز استفاده از کنتراست خطی از نوع متعادل سازی هیستوگرام بهترین کنتراست و وضوح را بر روی ترکیبات مورد نظر به دست آوردیم که اشکال ژئومورفیک تپه ی شاهدا (آثار گذشته تراس های گاوخونی) و دلتاها به خوبی قابل مشاهده و ردیابی بودند.

تحلیل و بررسی قلمروهای دیرینه‌ی گاوخونی با تکنیک سنجش از دور تفکیک و شناسایی قلمروهای گذشته با عملیات سنجش از دور

پس از تهیه و تأیید صحت تطابقی لایه‌های طیف‌های ارتفاعی مدل رقومی ارتفاع و نقشه‌ی شیب با قلمروهای دیرینه و تفکیک سطوح اولیه در مرحله‌ی بعدی از طریق تصاویر ماهواره‌ای و با استناد بر عملیات پردازشی به ردیابی توالی و جایگاه قلمروها و فرم‌ها ژئومورفیک پرداختیم. لذا در این ارتباط ترکیبات مختلفی از قبیل 654, 754, 432 در عملیات بازشناسی به‌روشنی تفسیر چشمی شرکت داده‌شدند و در طی عملیات پردازش تصویر از متدهای مختلف بارزسازی از قبیل اعمال کنتراست خطی و فیلترینگ و نیز به‌کارگیری فاکتورهای تفسیر همچون فرم رنگ تن و الگو استفاده گردید. تا بتوانیم سیمای قلمروها و فرم‌های ژئومورفیک واقع در سطح و مرز قلمروها را به دقت بررسی نماییم. در مرحله‌ی بعدی لایه‌های قلمروها که از مدل‌های ارتفاعی استخراج شده بود طی یک‌سری عملیات با تصاویر ماهواره‌ای زمین مرجع شدند و با تصاویر مورد آنالیز همپوشانی و ترکیب گردیدند (شکل ۳).

سپس با عملیات متعدد پردازشی و آنالیزهای مختلف به‌دنبال آثار و شواهد موجود در مرز تطابقی لایه‌ها (لایه‌ی وکتوری مرزها و تصاویر ماهواره‌ای پردازش شده) پرداختیم گرچه به دلیل تداخل قلمروهای شکل‌زایی در یکدیگر و تنوع الگوهای طیفی در تصاویر قابلیت تفکیک و بارزسازی به‌سختی صورت گرفت. لیکن سرانجام علاوه بر تأیید جایگاه فرم‌های دلتایی در حاشیه‌ی قلمروها به ردیابی نورهایی از داغ‌آبه‌ها و تپه‌شاهدها حاشیه‌ی سطوح و قلمروها موفق شدیم. یعنی در ابتدا تصاویر رنگی متعددی به‌شماره‌ی ترکیبات 432, 574, 742 ساخته شد و سپس هر کدام با باند ۸ ترکیب گردیدند تا بتوانیم فرم‌ها را با تفکیک مکانی بهتری شناسایی و ترسیم نماییم زیرا ابعاد یکی از آثار دیرینه‌ی مورفیک یعنی تپه‌شاهدها از اندازه‌ی کوچکتری برخوردار بودند دلیل این‌که از ترکیبات متنوع جهت انجام این عملیات استفاده گردید. تنوع و پراکنش شواهد و فرم‌های دیرینه (تپه‌شاهدها دلتاها و قلمروها) در اقصی نقاط قلمرو گاوخونی کبیر بود که از شرایط یکسانی از نظر ماهیت رسوبی و ویژگی‌های بازتابی برخوردار نبودند.

پس از آنکه کلیه‌ی عملیات بارزسازی قلمروها و فرم‌های واقع بر حاشیه آنها انجام گرفت و در بازدیدهای میدانی صحت جایگاه قلمروها و فرم‌ها تست گردید. در مرحله‌ی بعدی با پس‌زمینه قرار دادن تصاویر پردازش‌شده ماهواره‌ای در طی چندمرحله عملیات G.I.S مبادرت به تهیه‌ی نقشه‌های موضوعی ژئومورفولوژی دلتاها و تپه‌شاهدها یا داغ‌آبه‌های دریاچه‌ای نمودیم (شکل ۴).



شکل ۳: الف) انطباق قلمروهای گذشته‌ی گاوخونی بر روی تصویر کاذب رنگی با ترکیب ۷۴۲
 ب) شناسایی و تفکیک دلتاهای دیرینه‌ی گاوخونی در حاشیه‌ی قلمروها
 ج) شناسایی و تفکیک آثار سواحل دیرینه‌ی گاوخونی در حاشیه‌ی قلمروهای گاوخونی
 کبیر (سیف ۱۳۸۳)

تهیه‌ی نقشه‌های موضوعی ژئومورفولوژی قلمروها و فرم‌های دیرینه گاوخونی بازسازی دلتاها

پس از عملیات انطباق قلمروهای گذشته‌ی گاوخونی بر روی تصاویر پردازش شده و مدل رقومی ارتفاعی منطقه و تعیین سطوح پیشین پلایا اقدام به شناسایی و ردیابی اولین فرم و رخساره‌ی رودخانه‌ای تحت عنوان دلتاها در اقصی نقاط مرزی پلایای گاوخونی کبیر نمودیم. از آنجا که گاوخونی توسط شعبات و جریانات متمرکزی چون زاینده‌رود، ایزدخواست، زرچشمه و خشکه‌رود تغذیه می‌شده است لذا به دنبال پیشروی و پسروی گاوخونی در طی عملکرد فازهای سرد و گرم کواترنر موقعیت دلتاهای رودخانه‌های تغذیه‌کننده‌ی گاوخونی نیز تغییر می‌کرده است.

بنابراین در ابتدا قلمروهای مورد نظر در ترکیبات رنگی کاذب ساخته شد و سپس با انداختن لایه‌ی قلمروها بر روی تصاویر مربوطه به روش تفسیر چشمی و بر اساس قاعده‌ی تشخیص الگوها و فرم‌ها با متد ترسیم از صفحه‌ی کامپیوتر در محیط نرم‌افزار الویس از کلیه دلتاهای قدیم و جدید لایه‌های موضوعی استخراج گردید و سپس در طی عملیاتی در محیط GIS به فرمت چندضلعی یا پلیگونی تبدیل گردیدند و در نهایت در محیط برنامه‌ی ARC-View همگی آنها علامت‌گذاری گردیدند که حاصل این عملیات تهیه‌ی نقشه‌های موضوعی دلتاها می‌باشد (شکل ۴). دلتاهای بزرگ دیرینه بیشترین تطابق را با قدیمی‌ترین قلمروهای گاوخونی (فازهای اول و دوم واقع در ارتفاع ۱۶۰۰ و ۱۵۵۰ متری) دارند به‌ویژه دلتاهای بزرگ رودخانه ایزدخواست در نیمه‌ی جنوبی گاوخونی دلتای بزرگ مسیر قدیمی زاینده‌رود (یعنی محور کنونی نجف آباد- اصفهان) و نیز دلتای عظیم خشکه‌رود که در مدخل ورودی شهر اصفهان (محور تهران- اصفهان) واقع گردیده است.

قلمرو یا تراس سوم گاوخونی منطبق بر ارتفاع ۱۵۰۰ متری دلتاهای دیگری را در برمی‌گیرد که ابعاد آنها از دو قلمرو قبلی کوچکتر می‌باشد تعداد سه دلتای مخروطی در نیمه‌ی جنوبی گاوخونی متعلق به رودخانه‌ی رحیمی و سایر شعبات تغذیه‌کننده، یک دلتا در محدوده‌ی نیک‌آباد و محمدآباد جرقویه که با پوشش گنکومرایی مصب گذشته‌ی رودخانه زرچشمه گذشته برخورد می‌کند (این سطوح گنکومرایی نشان از پارانرژی بودن رودخانه‌های گذشته گاوخونی کبیر می‌نماید) و یک دلتا نیز در حوالی پلایای سگزی که متعلق به مصب گذشته رودخانه‌های مرغاب و خشکه‌رود می‌باشند.

در پیرامون فاز فعلی گاوخونی دلتاهای جدیدی شکل گرفته که بزرگترین آنها دلتای زاینده‌رود در نیمه‌ی شمالی قلمرو فعلی گاوخونی می‌باشد و دلتاهای دیگری در نیمه‌ی جنوبی قلمرو فعلی گاوخونی که ابعاد کوچکتری دارد توسط رودخانه‌های رحیمی و

سایر شعبات فرعی که از ارتفاعات نیمه‌ی جنوبی گاوخونی تغذیه می‌شوند تشکیل گردیده‌اند. در نیمه‌ی شرقی گاوخونی فعلی نیز دلتاهای کوچکی به چشم می‌خورد. نیمه‌ی غربی گاوخونی به دلیل استیلای ارگ و شنزارهای وسیع فاقد دلتا می‌باشد. تطابق دلتاهای دیرینه با مسیرهای گذشته رودخانه‌های خشکه‌رود مسیر قدیمی زاینده‌رود (دلتای نجف‌آباد) ایزدخواست و زرچشمه نشان از بیلان آبی این پلایا در گذشته و فازهای مرطوب کواترنر می‌نماید به عبارت دیگر ابعاد دلتاهای دیرینه و ماندگاری این دلتاها دلیل بر طولانی بودن زمان استمرار دوره‌های مرطوب گذشته می‌باشد. وجود دلتاهای متوالی و تکرار آنها از قدیم به جدید مبین این موضوع است که زیرحوضه‌های تغذیه‌کننده همگی به یک نسبت تغییرات اقلیمی را تجربه نموده‌اند و نیز توالی مگادلتاها و ارتباط فضایی آنها نشان از تغذیه‌ی گاوخونی کبیر توسط سایر جریانات متمرکز دارد. گرچه جریانات سفره‌ای مسلح به بار جامد نیز به هنگام وقوع بارش‌های سنگین بر بستر دشت‌سرهای تغذیه‌کننده قلمرو گاوخونی کبیر در فازهای اقلیمی مؤثر بوده‌اند. بنابراین بیلان آبی گاوخونی را تنها با زاینده‌رود تحلیل و تفسیر نمی‌توان نمود. زیرا اذعان می‌داریم که این پلایا در گذشته از شعبات مهم دیگری نیز همچون رودخانه‌های ایزدخواست، زرچشمه خشکه‌رود و سایر شعبات پایکوهی تغذیه می‌شده است (سیف، ۱۳۸۴: ۳).

با استناد بر عملیات پردازش تصویر انجام گرفته در راستای بارزسازی دلتاهای رودخانه‌ای قلمرو گاوخونی می‌توان اذعان نمود که رابطه‌ی معنی‌داری بین تحولات اقلیمی و سیستم‌های شکل‌زایی حاکم بوده و تداوم استیلای این شرایط ابعاد فرم‌ها و قلمروها را در کنترل داشته‌اند. به بیانی دیگر قدیمی‌ترین قلمرو گاوخونی بزرگ‌ترین دلتاها را شکل داده‌اند و به ترتیب که به اقلیم‌های کنونی و فاز فعلی رسیده‌ایم دلتاها و فرم‌ها نیز کوچک‌تر شده‌اند (سیف، ۱۳۸۴: ۳).

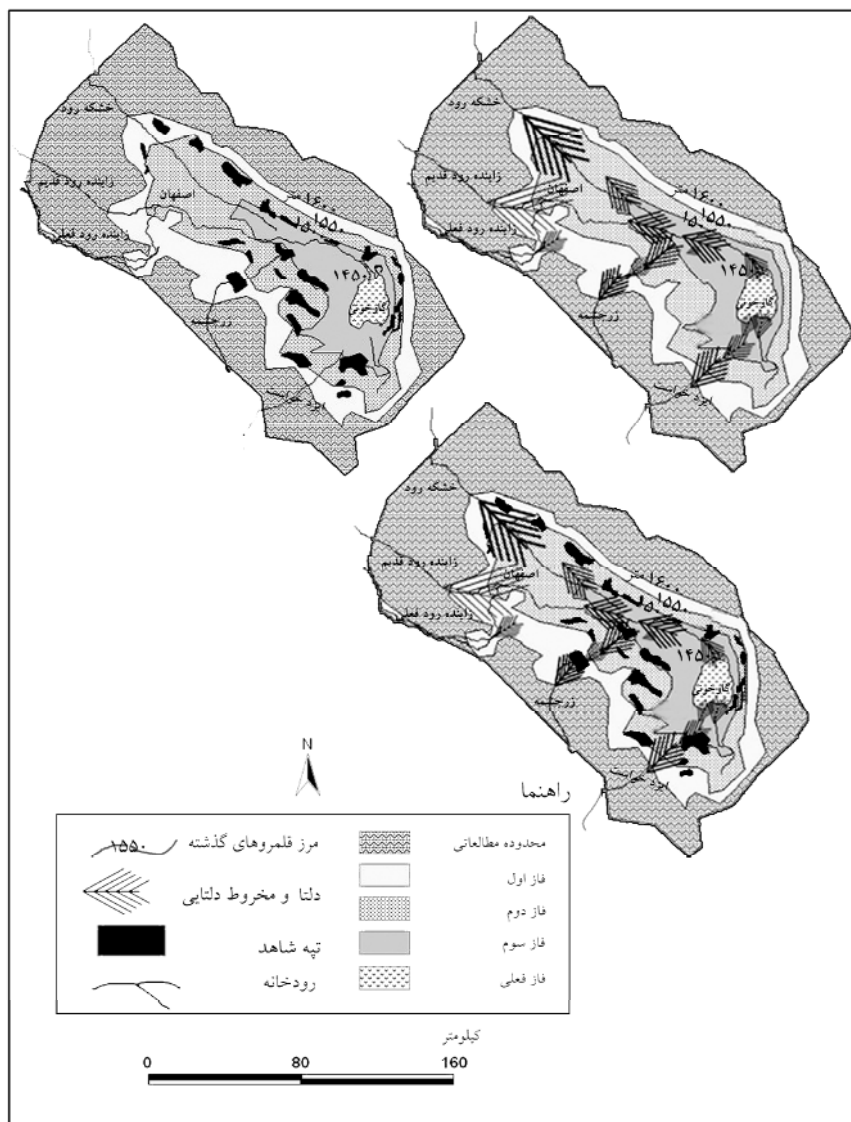
بازسازی تپه شاهد‌ها یا داغ آبه‌های پیرامون گاوخونی

تپه شاهد‌ها در قلمرو گاوخونی به عنوان شواهد و میراث‌های اقلیمی گذشته می‌باشند که مبین حدود پیشروی دریاچه‌ی گاوخونی در طی فازهای مرطوب و بارانی کواترنر محسوب می‌شوند. این آثار با قلمروهای دیرینه‌ی گاوخونی از تطابق بسیار بالایی برخوردار می‌باشند. دو گستره‌ی مهم از پراکندگی این آثار (تپه شاهد‌ها) در قلمرو دشت‌های پایکوهی و نیز در دامنه‌های برخی از قلمروهای کوهستانی پیرامون گاوخونی مورد شناسایی قرار گرفت. بنابراین هدف از شناسایی بارزسازی و پردازش این شواهد

تأیید قلمروهای گذشته‌ی گاوخونی می‌باشد. پس از آن که مرزها و قلمروهای دیرینه‌ی گاوخونی بااستناد بر عملیات G.I.S و آنالیز تصاویر ماهواره‌ای شناسایی گردید. در ابتدا با بررسی منحنی‌های طیفی گذرنده در قلمرو تپه‌شاهدها به تحلیل رفتار باندها پرداختیم و ترکیبات مختلفی چون 321,432,742 در این راستا ساخته و بارزسازی گردید. سپس طی عملیاتی در محیط نرم‌افزار ER-Mapper لایه‌ی وکتوری قلمروها را که قبلاً تهیه شده بود بر روی تصاویر پردازش شده انداخته و با بزرگ‌نمایی تصاویر متوجه شدیم که نوارهایی روشن با الگو و رنگی خاص از تطابق بالایی در مرز قلمروها پیروی می‌کنند، لذا با این تشخیص اولیه کلیه‌ی مرزها و قلمروها را در پیرامون پلائیای گاوخونی تست و بررسی نمودیم و ملاحظه شد که این شواهد به صورت پیوسته و گسسته در قلمروهای پایکوهی و پناه برخی کوهستان‌ها قابلیت شناسایی دارند لیکن ۱۲ ترکیب رنگی مختلف در راستای شناسایی تپه‌شاهدها تست گردید. از آنجا که این عوارض نسبتاً کوچک بودند از طریق عملیات ادغام اطلاعات دقت مکانی ترکیبات مربوطه را به ۱۵ متر رساندیم. یعنی ترکیب رنگی 742 و 432 را با باند ۸ ETM+ به روش Brovy ادغام نمودیم.

با پس‌زمینه قرار دادن تصاویر مربوطه به رقومی نمودن این آثار از طریق تصاویر اقدام شد و در محیط G.I.S پس از یک‌سری عملیات (تصحیح پلیگونی کردن و رستری نمودن) لایه‌ی موضوعی از تپه‌شاهدها تهیه گردید (شکل ۴).

این آثار در دو قلمرو یا دو سطح اساس پیشین گاوخونی (منحنی‌های ۱۵۰۰ و ۱۵۵۰ متری) از تطابق و تراکم نسبتاً بالایی برخوردارند البته در مناطقی نیز این فرم‌ها با منحنی تراز ۱۶۰۰ متری یعنی آخرین حد یا به عبارتی قدیمی‌ترین قلمرو گاوخونی مطابقت می‌نمایند. قلمرو شرقی گاوخونی و ارتفاعات کوه سیاه بهترین مکان‌هایی هستند که دربرگیرنده‌ی سه سطح پیشین ۱۵۰۰ متری، ۱۵۵۰ متری و ۱۶۰۰ متری می‌باشند. البته جهت دقت بیشتر شواهد ارتفاعات کوه سیاه واقع در شمال گاوخونی با عکس‌های هوایی نیز تست گردید که صحت تداوم و وجود سطوح پیشین (تپه‌شاهدها و قلمروها) تأیید شد. نکته‌ای که باید بدان اشاره نمود آن است که در مناطق دوردست و در سطح دشت‌های دامنه‌ای شواهد سطوح گذشته به ویژه تپه‌شاهدهای منطبق بر منحنی تراز ۱۶۰۰ متری به دلیل قدمت طولانی‌تر و عملکرد فرایندهای دامنه‌ای از پراکنش کمتری برخوردارند. اما در پناه برخی ناهمواری‌ها و دشت‌ها این شواهد قابلیت مشاهده و ردیابی دارند و گسترش قدیمی‌ترین قلمروها یعنی فاز اول گاوخونی را تأیید می‌کنند.



شکل ۴: تطابق دلتاهای دیرینه‌ی گاوخونی و داغ‌آبه‌های (تپه‌ی شاهد) گاوخونی بر روی قلمروهای دیرینه‌ی پلایای گاوخونی (سیف، ۱۳۸۳).

مساحی قلمروهای پیشین پلایای گاوخونی

پس از تعیین تفکیک و بارزسازی قلمروها و آثار مورفیک حاشیه قلمروها از طریق عملیات پردازش تصاویر ماهواره‌های و G.I.S و تأیید صحت تطابقی آنها با قلمروهای چهارگانه گاوخونی از طریق بازدیدهای میدانی در طی چند مرحله عملیات G.I.S در محیط نرم‌افزار الویس محدوده‌ی ارتفاعی مساحت محیط و ارتفاع هر کدام از فازها و قلمروها به طور جداگانه محاسبه و نتایج آن در جدولی تنظیم گردید (جدول ۱).

جدول ۲ : مشخصات قلمروهای گاوخونی کبیر که با تکنیک پردازش تصاویر ماهواره‌ای و عملیات G.I.S بازسازی گردیده است (سیف، ۱۳۸۳)

نام فاز	محدوده‌ی ارتفاعی	مساحت به کیلومتر مربع	محیط به کیلومتر	ارتفاع تراس دریاچه‌ای
فاز اول	۱۶۰۰-۱۵۵۰	۱۵۵۷۸	۶۷۱	۱۶۰۰
فاز دوم	۱۵۵۰-۱۵۰۰	۹۷۶۲	۵۵۵	۱۵۵۰
فاز سوم	۱۵۰۰-۱۴۵۰	۳۵۹۰	۳۶۴	۱۵۰۰
فاز فعلی	۱۴۵۰-۱۴۰۰	۴۸۷	۹۷	۱۴۵۰

چنانکه در جدول فوق مشاهده می‌شود بزرگ‌ترین قلمرو با مساحت ۱۵۵۷۸ کیلومتر مربع متعلق به قدیمی‌ترین فاز پیشروی گاوخونی می‌باشد و کمترین مساحت به سطح فعلی گاوخونی که معادل ۴۸۷ کیلومتر مربع است، تعلق دارد. از طرف دیگر سطوح اول تا سوم نمایانگر قلمروهای پیشین و حد گاوخونی کبیر طی دوره‌های مرطوبتر کوتاه‌تر می‌باشد و هر چه که از قدیمی‌ترین یا اولین فاز به سمت فاز فعلی پیش می‌رویم قلمروهای پیشین کوچک‌تر و محدودتر می‌گردد.

نتیجه گیری

پلایای گاوخونی به‌عنوان یکی از دریاچه‌های بارانی و چاله‌های تراکمی پلئو-کواترنر به عنوان حوضه‌ی انتهایی و مصب اصلی جریانات متمرکز زاینده‌رود، ایزدخواست، زرچشمه و دستکن و خشکه‌رود قلمداد می‌شود. تنوع انواع فرم‌های کاوشی و تراکمی واقع در پیرامون گاوخونی نشان از تعویض تناوبی سیستم‌های شکل‌زایی در طی فازهای سرد و گرم کوتاه‌تر دارد.

در این مقاله با به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای لندست هفت و داده‌های رقومی ارتفاعی منطقه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی توانستیم به بازسازی قلمروهای دیرینه‌ی

گاوخونی بپردازیم. به عبارت دیگر با آنالیز تصاویر ماهواره‌ای لندست با روش بصری و تلفیق آنها با مدل ارتفاع رقومی منطقه شواهد ژئومورفیک پیشروی و پسروی این قلمرو را بازسازی و تفکیک نموده و سپس به تطابق قلمروها با فرم‌های ژئومورفیک دیرینه از جمله دلتاها تراس‌های دریاچه‌ای و سایر شواهد ژئومورفیک در پیرامون فازهای گذشته پرداختیم و قلمروهای دیرینه‌ی گاوخونی را در چهارفاز و سطح مختلف پیشروی و پسروی شناسایی و نقشه‌های موضوعی دیرینه‌ی ژئومورفولوژی ارائه نمودیم.

آگاهی از ژئومورفولوژی دیرینه‌ی گاوخونی این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوانیم ضمن فهم و درک صحیح از حاکمیت شرایط گذشته و حال، رفتار خود را با طبیعت ژئومورفیک منطقه‌ی مطالعاتی در راستای مدیریت محیطی صحیح همسو نمایم. لذا این تحقیق برای اولین بار در قلمرو دیرینه‌ی پلایای گاوخونی صورت گرفته و به‌عنوان یک متد و مدل قابل اعتماد جهت بررسی و بازسازی سایر پلایاهای ایران پیشنهاد می‌گردد.

منابع و مأخذ

- ۱- احمدی، حسن؛ فیض‌نیا، سادات. (۱۳۷۸). «سازندهای دوره کواترنر». انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- پاکزاد، حمیدرضا؛ اجل‌لوییان، رسول. (۱۳۸۰). «مکانیسم حرکت ماسه‌های بادی در منطقه شرق اصفهان». مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. جلد پانزدهم. شماره ۲۱.
- ۳- جعفریان، محمدعلی. (۱۳۶۵). «جغرافیای گذشته و مراحل مختلف تکوین دره زاینده‌رود». مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. شماره ۱.
- ۴- رامشت، محمدحسین. (۱۳۷۱). «زاینده‌رود و تأثیر آن در سیمای فضایی اصفهان». رساله‌ی دکتری. دانشگاه تربیت مدرس. گروه جغرافیا.
- ۵- رامشت، محمدحسین. (۱۳۷۵). «تغییرات رطوبتی ایران در دوران چهارم». مجله منابع طبیعی. شماره ۴۹.
- ۶- سیف، عبدالله. (۱۳۸۰). «کاربرد سنجش از دور در شناخت قلمروهای ژئومورفولوژیکی کواترنر ایران». همایش سنجش از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی مرکز سنجش از دور ایران.
- ۷- سیف، عبدالله. (۱۳۸۰). «بررسی واحدهای ژئومورفولوژیکی کواترنر حوضه زاینده‌رود با تکنیک سنجش از دور». چهارمین هفته پژوهش دانشگاه اصفهان.
- ۸- سیف، عبدالله. (۱۳۸۰). «اهمیت و نقش دورسنجی و تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات ژئومورفولوژی». بیستمین گردهمایی علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۹- سیف، عبدالله. (۱۳۸۳). «رديایی و شناسایی مخروطه افکنه‌های پلایای گاوخونی کبیر با تکنیک سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای لندست». هفتمین هفته پژوهش دانشگاه اصفهان.
- ۱۰- سیف، عبدالله. (۱۳۸۳). «بازسازی و شناسایی دشت‌سرهای محور شمالی پلایای گاوخونی با تصاویر ماهواره‌ای لندست». بیستمین و سومین گردهمایی علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۱۱- سیف، عبدالله. (۱۳۸۴). «کاربرد تصاویر ماهواره‌ای لندست هفت در شناسایی آثار مورفواوستاتیکی پلایای گاوخونی در کواترنر». ۱۸ تا ۲۱ اردیبهشت همایش ژئوماتیک ۸۴ سازمان نقشه‌برداری کشور تهران.
- ۱۲- صدیقی، مهدی؛ پورکرمانی، محسن. (۱۳۶۹). ژان. تریکار «اشکال ناهمواری در مناطق خشک». بنیاد پژوهش‌های اسلامی.
- ۱۳- طاهرکیا، حسن. (۱۳۷۵). «اصول و کاربرد سنجش از دور». جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
- ۱۴- فرخی، شاهرخ؛ جاهدی، فرشید. (۱۳۷۵). «مبادی سنجش از دور انجمن سنجش از دور ژاپن». مرکز سنجش از دور ایران.

- ۱۵- مرکز سنجش از دور ایران تصاویر ماهواره‌ای لندست به شماره‌های ۳۷-۱۶۳ و ۳۸-۱۶۳ و ۳۷-۱۶۴ و اندکس تصاویر ETM+ ایران.
- ۱۶- مهندسین مشاور یکم. (۱۳۷۶) : آب‌های سطحی حوضه زاینده‌رود- اردستان مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و مدیریت و اقتصاد کشاورزی. جلد دوم .
- ۱۷- نرم‌افزارهای ILWIS 3.2 و ER-MAPPER6.3 و ArcView 3.3.
- ۱۸- نقشه‌های توپوگرافی قلمرو مطالعاتی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ محدودهای ناین-کاشان- سمیرم - اصفهان.
- 19-Brookes. (1982):Iran A.G geomorphological evidence for climatic change in Iran during the last 20000 year .Bar international series 133 (i).
- 20-Krinsley, D. B. (1970): A Geomorphological and paleoclimatological study of the pluy of Iran, Geological survey, United state department of interior, Washington D. C.