

مقایسه دقت و نحوه تولید نقشه‌ی لندفرم‌های ژئومورفولوژی، از طریق روش سنتی و فتوگرامتری تحلیلی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز هرزندچای)

لیلا کاشی زنوزی^۱

محمد نامدار^۲

حسین سعادت^۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱۱/۱۹

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۴/۰۴

چکیده

عملیات تناظریابی عکسی با واقعیت زمینی در تهیه نقشه‌های موضوعی همواره با مشکلات و تنگناهایی مواجه بوده است. در این تحقیق قطعه (ماژول) LPS از نرم افزار ERDAS Imagine 9.2 با هدف تهیه نقشه‌ی لندفرم‌های ژئومورفولوژی بر اساس روش فتوگرامتری تحلیلی (آفاین دو بعدی) برای حوضه‌ی آبخیز هرزندچای با استفاده از عکس‌های هوایی (۱:۴۰۰۰۰) بکار گرفته شد و نقشه‌ی لندفرم‌های ژئومورفولوژی حوضه آبخیز هرزندچای با استفاده از هر دو روش سنتی و فتوگرامتری تهیه شدند. نقشه تهیه شده به روش فتوگرامتری، پس از بازدید میدانی و مطابقت نوع لندفرم‌ها با طبیعت، با نقشه تهیه شده به روش رایج تهیه نقشه‌های موضوعی در کشور مقایسه گردید. برای انجام آزمون آماری به منظور ارزیابی نقشه لندفرم‌های ژئومورفولوژی تهیه شده، ۱۰۰ نقطه توسط نرم‌افزار ERDAS Imagine 9.2 بر روی نقشه‌های تهیه شده تعیین نموده و سپس حدود ۶۲ نقطه از آنها با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب زمینی (GPS) برداشت شدند و مشخصات مربوط به هر کدام یادداشت شدند. آزمون آماری به روش Stratified Random Sampling و با استفاده از نرم‌افزار ERDAS Imaging 9.2 انجام یافت. براساس نتایج حاصله از آزمون آماری، میزان درصد صحت کل برای نقشه لندفرم‌های ژئومورفولوژی تهیه شده با روش فتوگرامتری تحلیلی ۹۵ درصد و مقدار شاخص کاپا ۰/۹ بدست آمد. لیکن مقادیر مذکور برای نقشه تهیه شده لندفرم‌های ژئومورفولوژی که با روش رایج در کشور تهیه شده بود به ترتیب برابر ۸۴ درصد و ۰/۷۶ بدست آمد. لندفرم فرسایش رودخانه‌ای بیشترین (صد درصد) و لندفرم فرسایش شیاری از کمترین میزان دقت کل (۵۰ درصد) در مقایسه با سایر لندفرم‌های فرسایشی برخوردار بودند. بنابراین نقشه لندفرم‌های ژئومورفولوژی تهیه شده با روش فتوگرامتری تحلیلی به عنوان نقشه نهایی برای حوضه‌ی آبخیز هرزندچای انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: نقشه لندفرم‌های ژئومورفولوژی، فتوگرامتری تحلیلی، Erdas Imagine، هرزند چای.

۱. کارشناس ارشد پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،

(نویسنده مسئول) lzenouzi@yahoo.com

2. Research Associate, McGill University, Canada, Email: hossein.saadat@mail.Mcgill.ca

۳. کارشناس ارشد سنجش اذور سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، namdar1346@yahoo.com

۱- مقدمه

به طور کلی در طرح‌های منابع طبیعی و عمرانی از قبیل جاده‌سازی و ... ارتباط بین ژئومورفولوژی و سایر عوامل موجود در طرح‌های مزبور ضروری است. هدف اصلی تهیه نقشه‌ی ژئومورفولوژی دستیابی به نقشه‌ی پایه، جهت برنامه‌های مختلف مرتعداری، حفاظت خاک و آبخیزداری، طرح‌های منطقه‌ای، آمایش سرزمین، زمین‌شناسی و اکتشاف معادن، طراحی راه‌ها و شاهراه‌ها، طراحی پروژه‌های زهکشی و هیدرولوژی، مسائل نظامی، مرزبندی سیاسی و جغرافیایی، تهیه مدل‌های اکولوژیکی و بررسی توسعه شهری و شهرسازی و ... می‌باشد (احمدی، ۱۳۸۷: ۳۷۷).

همچنین علم فتوگرامتری ابزاری با ارزش برای نقشه‌برداری زمینی است و قادر است از حوادث سریع و زودگذر تصویر تهیه نماید. از عکس‌های هوایی برای مشخص کردن حد و مرز زمین‌ها نیز استفاده می‌شود. فتوگرامتریست‌ها قادرند بدون گذاشتن حتی یک قدم روی منطقه، از آن نقشه تهیه نمایند. این موضوع زمان ورود به اراضی دارای مالک خصوصی و یا مواقع وجود موانعی طبیعی در منطقه، اهمیت پیدا می‌کند. در اغلب پروژه‌های عمرانی تهیه نقشه‌ها با استفاده از عکس‌های هوایی و علم فتوگرامتری از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. در خیلی از اوقات پلان نیمرخ مربوط به بزرگراه‌ها از عکس‌های هوایی بدست می‌آید. بهره‌گیری از فتوگرامتری در احداث بزرگراه‌ها نه تنها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است، بلکه از نظر کیفیت کار و حصول طراحی بهتر ارجح می‌باشد. (همراه، ۱۳۸۲: ۱۳)

از طرفی با توجه به پیشرفت تهیه تصاویر ماهواره‌ای بصورت رقومی و نیز قدرت اسکن کردن عکس‌های هوایی با دقت بسیار بالا از یک سو و ارتقای فن آوری کامپیوتری از سوی دیگر، مراحل تبدیل عکس به نقشه به سمت ایجاد یک سیستم تمام اتوماتیک برای تبدیل عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای به نقشه با سرعت زیادی در حال پیشرفت می‌باشد. از این میان لازمه اجرای یک سیستم اتوماتیک برای

استخراج عوارض ارتفاعی، بکارگیری روش‌هایی برای تناظریابی عکسی می‌باشد (یازی، ۱۳۸۴: ۲). برای اجرای عملیات تناظریابی عکسی، آنالیز عکس‌های برداشته شده تحت قوانین تصویرگری پرسپکتیو امکان‌پذیر می‌باشد، ولی عدم شباهت دو عکس عملیات تناظریابی را با مشکلات و تنگناهایی مواجه می‌سازد. بعبارت دیگر دو عکس مزدوج تا حد قابل توجهی از یکدیگر متفاوت می‌باشند به طوری که روند عملیات تناظریابی را مخدوش نموده و باعث کاهش دقت، و بروز اشتباه می‌گردد (Miss Matching).

تناظریابی در شیب سطوح شیء، عمق‌های متفاوت، اختلاف در موقعیت و حالت دوربین در دو لحظه عکس‌برداری و ... هستند که باعث ایجاد خطاهای هندسی می‌گردند. بعلاوه شرایط روشنایی و انعکاسی نیز ممکن است عکس‌ها را از لحاظ رادیومتریکی مخدوش نمایند (یازی، ۱۳۸۴: ۳)

دیگر اعوجاجات که از اجزاء الکترونیکی سنجنده ناشی می‌شود نیز هر دو پارامتر هندسی و رادیومتریکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Atkinson, 1996:4)

در مورد عکس‌های هوایی و برخی تصاویر ماهواره‌ای که بصورت آنالوگ برداشته می‌شوند، شرایط چاپ و ظهور دیاپوزیتیو به عوامل فوق افزوده می‌گردد. حل مشکل فوق بطور کامل تقریباً غیرممکن است اما با اعمال روش‌هایی می‌توان دو عکس را تا حد امکان به یکدیگر شبیه نمود (Ackerman, 1984: 3; Forstner, 1984: 6; Grun, 1984: 2)

واقعیت زمینی عموماً از طریق تفسیر عکس‌های هوایی، برداشت زمینی و یا استفاده از نقشه‌های GIS تهیه می‌شود. واقعیت زمینی بصورت صد در صد و یا بصورت نمونه‌ای تهیه می‌گردد. تهیه واقعیت زمینی صددرصد تنها در کارهای تحقیقاتی محض صورت می‌پذیرد. اما بصورت اجرایی حداکثر می‌توان از بخشی از منطقه بصورت نمونه‌گیری، واقعیت زمینی را تهیه کرد. متداول‌ترین نوع ارزیابی صحت، استفاده از نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای بصورت درصدی از سطح مورد طبقه‌بندی شده است که می‌تواند به صورت مختلف تهیه گردد. این درصدی از سطح

از روش تصادفی سیستماتیک استفاده می‌شود تعداد نمونه‌ها بایستی بیشتر از زمانی باشد که از روش تصادفی ساده استفاده می‌شود.

طی سال‌های اخیر تهیه نقشه از عکس‌های هوایی به روش فتوگرامتری تحلیلی و رقومی گسترش چشمگیری داشته، به طوری که حجم انبوهی از نقشه‌های آماده‌ی ورود به سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی از همین طریق فراهم شده است. در کنار سیستم‌های مورد استفاده در کشور نرم‌افزار PHOTOMOD از شرکت راکورس روسیه در سال‌های اخیر توانسته است قابلیت‌های کاربردی زیادی را برای برآوردن نیازهای نقشه‌برداری هوایی حاصل نماید. با در نظر گرفتن این مسئله که عملیات تبدیل نرم افزار PHOTOMOD در نرم‌افزار ماکرواستیشن انجام می‌شود می‌توان گفت که کاربران با بهره‌گیری از محیط برنامه نویسی نرم‌افزار ماکرواستیشن امکان بیشتری را برای بومی‌سازی این نرم‌افزار در اختیار دارند (برومنند و نورالله دوست، ۱۳۸۵: ۵).

بنابراین با بررسی عکس‌های هوایی می‌توان اطلاعات کاملی در مورد وضعیت ژئومورفولوژی منطقه کسب کرد. می‌توان گفت استفاده از عکس‌های هوایی مستلزم یک سلسله مطالعات دقیق است که با بررسی عوامل مختلف و سپس برقراری روابط بین آنها، نقشه‌ی ژئومورفولوژی منطقه‌ی مورد مطالعه تهیه می‌شود (احمدی، ۱۳۸۶: ۳۷۶).

نقشه‌های ژئومورفولوژی دید کامل، فوری و مستقیم از اشکال مختلف ناهمواری‌های زمین را در اختیار مهندسین منابع طبیعی و عمران قرار می‌دهد. با ترسیم نقشه ژئومورفولوژی ضمن مشخص کردن پدیده‌های ارضی و نحوه توزیع فضایی آنها فرایندی را که سبب ایجاد چنین فرم‌هایی در منطقه می‌شود نیز در نقشه منعکس می‌نماید و در نهایت بیننده می‌تواند حدود قلمرو سیستم‌های شکل‌زا را در منطقه تحدید حدود کند (رامشت، ۱۳۷۵، ۱۰۴).

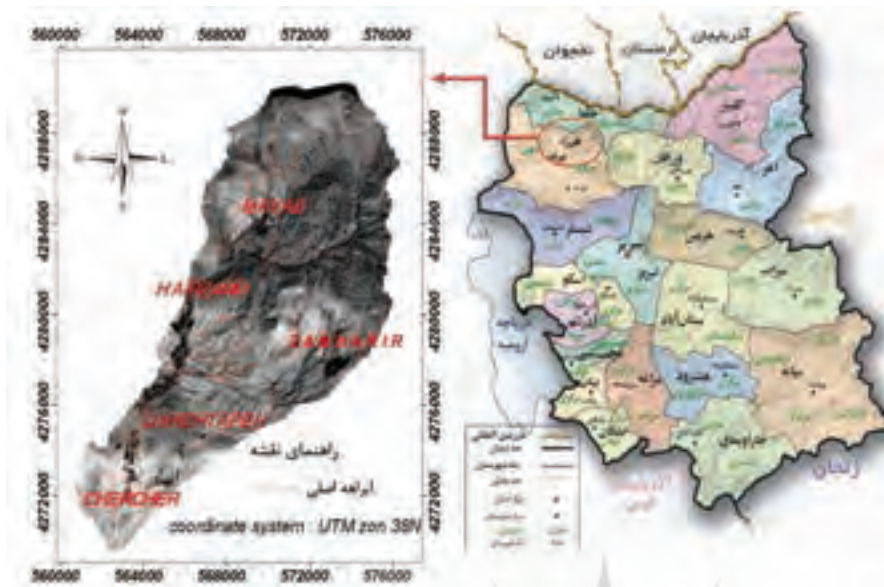
برای نخستین بار نقشه ژئومورفولوژی ایران ۱:۲۵۰۰۰۰۰ در زمره مجموعه نقشه‌های منطقه خاور نزدیک در دانشگاه توپینگن آلمان در سال ۱۹۹۰ توسط محمدرضا ثروتی با

نقشه بصورت شدت‌های مختلف (شدت در برگیرنده تعداد نمونه و سطح قطعه نمونه می‌باشد) می‌تواند تعیین گردد. (رنجبرنژاد و شتایی، ۱۳۸۸: ۳) بطور کلی برخی از عوامل مؤثر بر نتایج برآورد صحت شامل شدت‌های مختلف، روش تهیه واقعیت زمینی، اندازه قطعه نمونه، تعداد قطعات نمونه (صحت برآوردی برای نمونه‌های با تعداد منطقی از حد معینی بیشتر نمی‌شود)، تعداد طبقات و هزینه می‌باشد. تعیین شدت مناسب می‌تواند برای کارهای اجرایی برای جلوگیری از صرف وقت و هزینه زیاد مفید باشد. شدت تعیین کننده تعداد نمونه‌های واقعیت زمینی می‌باشد. این که چه تعداد نمونه برای ارزیابی صحت مورد نیاز است، منابع مختلف روش‌های مختلفی را بیان می‌کنند.

نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای می‌تواند به روش‌های متفاوت تهیه شود که بسته به اجرایی بودن از نظر دقت، پیاده سازی راحت‌تر و صرف زمان کمتر در اجرا می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

انتخاب روش‌های نمونه‌برداری بایستی شروطنظیر معرف بودن از نظر وضعیت آماری طبقه‌های مورد بررسی، قابلیت اجرایی در همه مناطق، قابلیت تکرار و به صرفه بودن از نظر اقتصادی (زمان و هزینه) را دارا باشد. بطورکلی تعیین تعداد قطعه نمونه (حداقل و حداکثر) می‌تواند تابعی از نظر مقبولیت آماری، مقبولیت هزینه و حضور و فراوانی کلاسه‌ها باشد (رنجبرنژاد و شتایی، ۱۳۸۸: ۳).

Jensen (۱۹۹۶) و Hay (۱۹۷۹) نتیجه‌گیری کردند که به منظور جلوگیری از رد صحت یک نقشه موضوعی تعداد نمونه بایستی در حدود ۵۰ عدد باشد. Lillesand و Keifer (۱۹۹۴) تعداد ۵۰ نمونه به ازای هر کلاسه را تعیین نموده‌اند. Chen (۲۰۰۴) در تحقیقی با عنوان بررسی اثر خودهمبستگی مکانی بر طرح نمونه‌برداری در ارزیابی صحت نقشه‌های موضوعی بر روی داده‌های شبیه‌سازی شده با دو روش تصادفی ساده و تصادفی سیستماتیک به این نتیجه رسید که بدون در نظر گرفتن هزینه جمع‌آوری داده‌های زمینی و برای رسیدن به یک صحت قابل قبول، اگر



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی
 حوضه‌ی آبخیز هرزندچای در
 استان آذربایجان شرقی

در این تحقیق به منظور ارزیابی میزان دقت روش‌های تهیه نقشه‌های موضوعی، براساس علم سنجش از دور و عکس‌های هوایی، نقشه لندفرم‌های حوضه آبخیز هرزندچای تهیه شد و حدود مرزهای واحدهای آنها با استفاده از روش‌های آماری مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

واحد هیدرولوژیک هرزندچای یکی از سرشاخه‌های اصلی زونچای، واقع در استان آذربایجان شرقی است که حدود ۱۲۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. موقعیت جغرافیایی این واحد با مختصات ۴۵ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی تعیین شده است. حوضه‌ی آبخیز هرزندچای توپوگرافی عمدتاً کوهستانی و شرایط متنوع زمین شناسی و پوشش گیاهی را دارد (نگاره ۱).

براساس آمار ایستگاه هواشناسی شهرستان مرند، میزان بارش در حوضه آبخیز مورد مطالعه بین ۱۸۰ تا ۷۳۵ میلی‌متر است که بر حسب مناطق جلگه‌ای و کوهستانی متفاوت است. حدکثر مطلق درجه حرارت ۴۲ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن ۱۰- درجه سانتی‌گراد است.

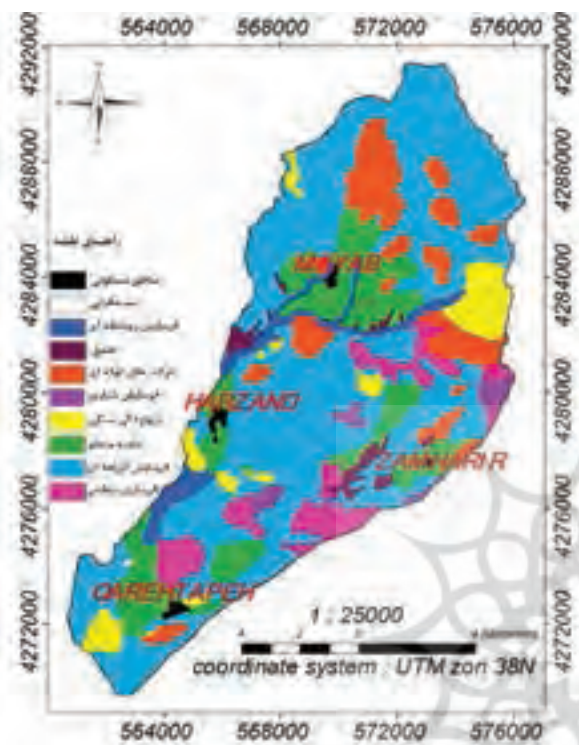
همکاری بوشه و گرونرت تهیه و منتشر شد. این نقشه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و مقالات و کتب محدود در باره ژئومورفولوژی و تا حدودی مطالعات روی زمین آماده شد و در سال ۱۳۷۰ توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح چاپ و منتشر شد.

علاوه بر این در قالب پروژه‌های تحقیقاتی نقشه‌های ژئومورفولوژی برای مناطق مختلف ایران تهیه شده است. از جمله می‌توان به نقشه ژئومورفولوژی ارتفاعات غربی مکران اشاره نمود که در سال ۱۳۵۷ توسط یمانی تهیه شده است و شامل دو گروه اطلاعات مورفوگرافیک و مورفولوژیک می‌باشند. همچنین قربانیان و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سین اهواز و نرم‌افزار Arc\GIS نقشه‌های اوروهیدروگرافی و اوروهیدروگرافی- لیتولوژی (شامل گسل‌ها، طاق‌دیس‌ها و سازندها) و نقشه ژئومورفولوژی شامل پدیده‌ها و لندفرم‌ها (تپه‌های ماسه‌ای، تراس‌ها و ...) تهیه و تفسیر نمودند.

باقرپور (۱۳۹۳) با استفاده همزمان از نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی و با کمک تکنیک سنجش از دور و نرم‌افزار Arc\GIS براساس توابع همپوشانی نقشه ژئومورفولوژی برای منطقه کرد، واقع در شمال شرق ایران تهیه نمود.

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (... / ۶۱
مقایسه دقت و نحوه تولید نقشه لندفرم‌های ژئومورفولوژی، ... / ۶۱

مختصات عکسی دوربین هوایی (جدول ۱ و ۲) را به سیستم مختصات زمینی تبدیل می نماید.



نگاره ۲: نقشه‌ی لندفرم‌های حوضه آبخیز هرزندچای، تهیه شده به روش سنتی

عکس‌های هوایی حوضه آبخیز هرزندچای در سال ۱۳۷۵ که با دوربین WILD UAGA RC/10 با فاصله کانونی ۱۵۲/۹۹ و در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ توسط سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شده‌اند، با Resolution به مقدار ۳۰۰ dpi اسکن شده و با استفاده از قطعه (ماژول) LPS از نرم‌افزار ERDAS Imagine عملیات اورتوفتوی عکس‌های هوایی صورت پذیرفت. بر اساس روش انتقال مختصات آفاین دو بعدی، سه معادله برای حل سه ضریب مجهول a و سه معادله برای حل سه ضریب مجهول b حل نموده و با بهره‌گیری از روش کمترین مربعات و حل همزمان چهار معادله دقت محاسبات افزایش می‌یابد. معادلات ۱ و ۲ مختصات را از سیستم محورهای X و Y کمپاراتور (مقایسه کننده) اختیاری

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- تهیه‌ی نقشه‌ی لندفرم‌های ژئومورفولوژی حوضه‌ی

آبخیز هرزندچای از عکس‌های هوایی به روش سنتی

برای تهیه‌ی نقشه لندفرم‌های ژئومورفولوژی، ابتدا یک نقشه مبنا که نقاط کنترل زمینی بر روی آن پیاده شده بود تهیه شد. نقاط اصلی و نقاط نظیر آنها روی عکس‌ها علامت‌گذاری گردید. میزان صحت و دقت نقشه‌های تهیه شده بستگی به تعیین موقعیت دقیق نقاط کنترلی بر روی عکس‌های هوایی دارد که علاوه بر مهارت کاربر در نقشه خوانی، تحت تأثیر عواملی از قبیل نوع سنجنده و کیفیت فیلم و شرایط عملیات عکسبرداری (ارتفاع، اقلیم و زمان عکسبرداری) می‌باشد. طلق شفاف روی عکس‌ها قرار داده شده و پس از انتقال نقاط بر روی آن و ترسیم خطوط بین نقاط نظیر هر عکس بر روی نقشه مبنا قرار داده و موقعیت مسطحاتی نقاط اصلی بدست آمد. سپس عکس‌های هوایی هرنوار پرواز به صورت زوجی جهت دید برجسته و تفسیر آنها و استخراج واحدهای شکل زمین در استرئوسکوپ قرار داده شد و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی، با استفاده از نقاط کنترلی و نقاط اصلی بر روی نقشه‌ی مبنا منتقل گردیدند.

پس از تکمیل نقشه‌ی ژئومورفولوژی برای کل حوضه آبخیز مورد مطالعه، نقشه مزبور اسکن شده و به نرم افزار Arc\GIS 9.3 منتقل گردید و ژئورفرنس شده و با سیستم مختصات UTM zon 38N برای آن تعریف شد و با بهره‌گیری از امکانات نرم‌افزار Arc\GIS 9.3 به صورت نقشه رقومی ژئومورفولوژی تهیه گردید (نگاره ۲).

۳-۲- تهیه‌ی نقشه‌ی ژئومورفولوژی حوضه آبخیز

هرزندچای بر اساس روش فتوگرامتری تحلیلی

یکی از مهمترین مسائل در فتوگرامتری تبدیل سیستم مختصات عکسی دوربین هوایی به سیستم مختصات نهایی است. نرم‌افزار رقومی (LPS (Leica Photogrammetry Suite بر اساس مدل Camera و با استفاده از روش انتقال مختصات آفاین دو بعدی (Two Dimension Affine Model) سیستم

جدول ۴: زوایای دوران تبدیل هندسی محاسبه شده برای محور های x, y, z در روش فتوگرامتری تحلیلی

rotation	position	زاویه دورانی
574113.5348	-0.0161	Ω
4285727.7426	-0.0083	K
8490.511	3.1956	Φ

به سیستم محور نقاط حاشیه عکس منتقل می‌کنند. این ضرایب پس از اجرای مدل محاسبه شدند (جدول ۳).

$$x = a1 + a2X + a3Y \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$y = b1 + b2X + b3Y \quad \text{رابطه (۲)}$$

طی عملیات اورتوفتو، درونیابی داخلی با خطای کمتر از یک پیکسل در زوج استریو، و درونیابی خارجی با نقطه مرکزی عکس هوایی و ۸ نقطه کنترل زمینی صورت گرفت. لازم به ذکر است که تبدیل هندسی انجام شده پس از حل معادلات هم خطی، تولید $RMS \pm 0/1$ میکرومتر در جهت های X, Y, Z می‌کند (جدول ۴)

۳-۳-۳- تفسیر عکس‌های هوایی و رقومی سازی نقشه

ژئومورفولوژی

۳-۳-۱- تشکیل Stereo Analyst Feature Project

برای تراز نمودن مدل برجسته‌بینی، نقطه کنترل ارتفاعی مورد نیاز است لذا با استفاده از متوسط ارتفاع هر زوج عکس هوایی، مدل برجسته‌ای که از طبیعت تهیه شده بود تراز گردید. سپس برای هر یک از زوج عکس‌ها Stereo Analyst Feature Project تشکیل شد. لازم به ذکر است تفکیک لندفرم‌های ژئومورفولوژی بر روی عکس‌های هوایی در منطقه همپوشانی، بر پایه تفسیر چشمی پدیده‌ها استوار است و با بهره‌گیری از سیستم آناگلیف، می‌توان پارالاکس Y را در سرتاسر عکس‌های هوایی قائم حذف نمود. موضوع دیگری که در این مطالعه با آزمون و خطا مورد بررسی قرار گرفت، نقش مقیاس تصویر بر روی مانیتور است. انتخاب مقیاس بزرگ سبب عدم تفکیک پدیده‌ها و بر عکس انتخاب مقیاس کوچک موجب تداخل پدیده‌ها و نتیجتاً تفکیک نامناسب را در پی خواهد داشت. سپس به صورت دستی و بر روی نمایشگر رایانه و با استفاده از عناصر اصلی تفسیر بصری (شامل بافت، تن، شکل، رنگ، سایه و موقعیت) به ترسیم خطوط مرزی بر روی تصاویر اقدام شد و به صورت shape file در مسیر خروجی تعریف شده ذخیره شدند.

۳-۳-۲- تهیه نقشه نهایی ژئومورفولوژی

لندفرم‌های رقومی شده ژئومورفولوژی که بصورت shape file هستند مستقیماً به نرم افزار Arc\GIS 9.3 انتقال

جدول ۱: مختصات عکسی دوربین هوایی RC/10 WILD 15/4 UAGA

ردیف	x, mm	Y, mm
1	106.002	-106.000
2	-105.999	-105.997
3	-106.006	106.005
4	106.004	106.002

جدول ۲: مختصات مرکز پرسپکتیو روی سطح فیلم (Principal Point)

Principal point	x	y
1	0.000	0.001
2	0.003	-0.003

جدول ۳: ضرایب a و b محاسبه شده بر اساس روش انتقال مختصات آفاین دو بعدی در روش فتوگرامتری تحلیلی

ردیف	ضریب a	ضریب b
1	-117.597107	-126.73008
2	-0.000463	0.063100
3	0.063425	0.000165

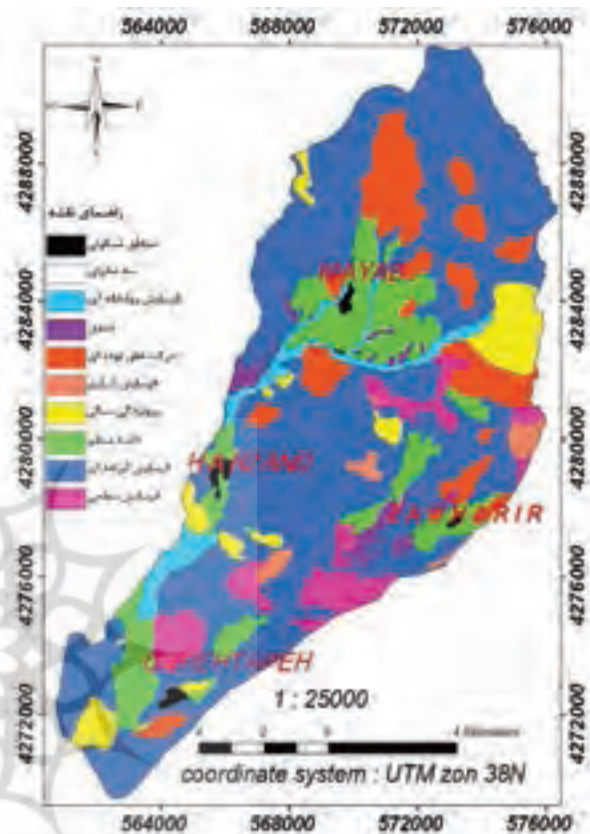
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (...)
مقایسه دقت و نحوه تولید نقشه لندفرم‌های ژئومورفولوژی، ... / ۶۳

Stratified Imagine9.2 تعداد ۱۰۰ عدد نقطه به روش Random Sampling انتخاب شدند. بعبارت دیگر طی این روش، در هر لندفرم ژئومورفولوژی به طور متوسط تعداد ۸ نقطه، با در نظر داشتن مساحت و تعداد پلی‌گون‌های هریک از لندفرم‌ها انتخاب شدند. این نقاط در بردارنده اطلاعات بدست آمده از نقشه، شامل مختصات جغرافیایی و نوع لندفرم ژئومورفولوژی می‌باشند. در مرحله بعد طی چندین مرحله بازدیدهای صحرائی، اطلاعات مربوط به هریک از نقاط شامل مختصات جغرافیایی، نوع لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی، با استفاده از دستگاه GPS برداشت شدند و با استفاده از نرم افزار Arc\GIS 9.3 به جدول اطلاعاتی نقاط مزبور لینک (متصل) شدند. حدود ۶۲ نقطه از مجموع ۱۰۰ نقطه برداشت شدند و از نقاط صعب العبور و واقع بر صخره‌ها و شیب‌های تند صرف نظر شد. سپس دوباره به نرم افزار ERDAS Imagine9.2 منتقل شده و جدول مرجع برای مقایسه صحت نقاط (شامل نوع لندفرم و مختصات آن) تنظیم گردید. و در نهایت پس از انجام مراحل فوق Accuracy Report برای هریک از نقشه‌های مزبور به دست آمد.

۴- نتایج

همان‌طور که از داده‌های جدول ۵ و ۶ برمی‌آید مقدار درصد کل صحت بدست آمده برای نقشه ژئومورفولوژی تهیه شده به روش سنتی ۸۴ درصد بوده و مقدار شاخص کاپا ۰/۷۶ بدست آمده است در حالی که میزان درصد کل صحت نقشه ژئومورفولوژی تهیه شده با استفاده از فتوگرامتری تحلیلی، ۹۵ درصد بوده و مقدار شاخص کاپا ۰/۹ بدست آمده است. بنابراین با استناد به برداشت‌های صحرائی و نتایج آزمون آماری صورت گرفته، نقشه ژئومورفولوژی حوضه آبخیز هرزندچای که با استفاده از روش فتوگرامتری تحلیلی تهیه شده است، دقت و صحت بیشتری نسبت به نقشه دیگر دارد و مطابقت بیشتری را با مرزهای واقعی لندفرم‌های ژئومورفولوژی حوضه آبخیز مورد مطالعه نشان می‌دهد.

یافته و باهم ترکیب شدند و در نهایت نقشه ی ژئومورفولوژی حوضه ی آبخیز هرزندچای تهیه شد (نگاره ۳).



نگاره ۳: نقشه لندفرم‌های حوضه آبخیز هرزندچای، تهیه شده با روش فتوگرامتری تحلیلی

۳-۴- انجام آزمون آماری برای تعیین صحت و دقت نقشه‌های تهیه شده

گاهی یک مفسر قادر نیست براساس دانش و تجربه روابط بین زمین و تصویر را به طور کامل، مرتبط سازد و برای تجزیه و تحلیل باید از زمین بازدید شود تا شناسایی صحیح از پدیده‌ها صورت گیرد. همچنین شناسایی مستقیم لندفرم‌های ژئومورفولوژی، تجزیه و تحلیل کیفی و موضوعی است و نیازمند آزمون‌های سازماند و دقیق روی تصویر است. بنابراین به منظور بررسی میزان صحت نقشه ژئومورفولوژی تهیه شده به روش فوق‌الذکر، با استفاده از نرم‌افزار ERDAS

جدول ۵: نتایج آزمون آماری برای تعیین میزان صحت نقشه ژئومورفولوژی تهیه شده با استفاده از روش فتوگرامتری تحلیلی

نام لندفرم	مساحت لندفرم (هکتار)	تعداد نقاط در هر لندفرم	تعداد نقاط صحیح	Producers Accuracy	Users Accuracy
بیرون زدگی سنگی	۸۷۲/۳۴	۷	۵	۷۱/۴۳	۸۳/۳۳
دامنه منظم	۲۰۰۹/۸۶	۱۲	۱۱	۹۱/۶۷	۹۱/۴۷
حرکت‌های توده‌ای	۱۶۸۲/۶۴	۱۲	۱۱	۹۱/۶۷	۱۰۰
خندق	۲۷۲/۹	۳	۳	۱۰۰	۱۰۰
فرسایش رودخانه‌ای	۵۵۵/۸	۱	۱	۱۰۰	۱۰۰
فرسایش سطحی	۹۸۸/۷۸	۸	۸	۱۰۰	۱۰۰
فرسایش شیاری	۸۸۱۲/۰۴	۲	۲	۱۰۰	۱۰۰
فرسایش آبراه‌ای	۸۷۲/۳۵	۵۵	۵۴	۹۸/۱۸	۹۴/۷۴

Overall Classification Accuracy = 0/95%

Overall Kappa Statistics = 0.9412

جدول ۶: نتایج آزمون آماری برای تعیین میزان صحت نقشه لندفرم‌های ژئومورفولوژی تهیه شده به روش سنتی

نام لندفرم	مساحت لندفرم (هکتار)	تعداد نقاط در هر لندفرم	تعداد نقاط صحیح	Users Accuracy	Producers Accuracy
بیرون زدگی سنگی	۸۷۲/۳۷	۸	۵	۱۰۰	۱۰۰
دامنه منظم	۲۰۰۹/۸۶	۱۶	۱۲	۷۵	۹۲/۳۱
حرکت‌های توده‌ای	۱۶۸۲/۶۴	۸	۸	۱۰۰	۸۰
خندق	۲۸۲/۹	۲	۱	۶۲	۱۰۰
فرسایش رودخانه‌ای	۵۵۵/۸	۳	۳	۵۰	۱۰۰
فرسایش سطحی	۹۸۸/۷۸	۹	۶	۹۲/۱۶	۸۵
فرسایش شیاری	۲۳۹/۱	۲	۱	۵۰	۲۵
فرسایش آبراه‌ای	۸۸۲۲/۰۶	۵۲	۴۸	۶۷/۶۶	۸۵/۳۵

Overall Classification Accuracy = 0/84%

Overall Kappa Statistics = 0.7621

۵- بحث و نتیجه‌گیری

روی نقشه تولید شده، فقط یکی با واقعیت زمینی مطابقت داشته است. بیشترین میزان دقت روش آفاین دوبعدی که در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار Erdas Imagine 9.2 به کار گرفته شد، مربوط به لندفرم فرسایش رودخانه‌ای با میزان صحت برابر با ۱۰۰ درصد بود و نقطه تعیین شده با واقعیت زمینی مطابقت داشت. با مقایسه‌ی داده‌های جداول ۵ و ۶ در رابطه با نقشه‌های

طبق داده‌های جدول ۶ در نقشه‌ی لندفرم‌های ژئومورفولوژی تهیه شده به روش سنتی که روش معمول و رایج در کشور جهت تولید انواع نقشه‌های مشابه از جمله کاربری اراضی، پوشش گیاهی و غیره می‌باشد، کمترین میزان دقت در لندفرم فرسایش شیاری مشاهده می‌گردد که با توجه به مساحت این لندفرم، از مجموع ۲ نقطه‌ی واقع بر

نقشه‌های موضوعی دیگر از قبیل کاربری اراضی و پوشش گیاهی با استفاده از علم فتوگرامتری و استفاده از الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان (SVMs) توسط محققین دیگر مورد بررسی قرار گرفته است و نسخه‌های ۴ نرم‌افزار ENVI بدین منظور به کار گرفته شده است (Lin, et al., 2015; Ojaghi et al., 2015) و میزان صحت کلی نقشه ۸۹ درصد در مقایسه با روش شبکه عصبی و نرم‌افزار ArcGIS10.1 با صحت کل برابر با ۸۲ درصد بود. بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر نیز، چنین استنباط می‌شود که نقشه‌ی لندفرم‌های ژئومورفولوژی تهیه شده با استفاده از روش فتوگرامتری تحلیلی از دقت و صحت بیشتری برخوردار است و کاربرد روش فتوگرامتری تحلیلی با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی موجود، برای تهیه نقشه‌های مورد استفاده در علوم منابع طبیعی از جمله کاربری اراضی و ... پیشنهاد می‌گردد.

۶- تشکر و قدردانی

بدینوسیله از آقای مهندس رضا بیانی رئیس گروه مطالعات منطقه‌ای سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و همچنین آقای مهندس کریم‌نیا رئیس اداره تمرکز مدارک سازمان نقشه‌برداری کشور و آقای مهندس صادقی کارشناس محاسبات اداره تهیه سازمان نقشه‌برداری کشور، به سبب همکاری صمیمانه در انجام و به ثمر رسیدن نتایج این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

۷- منابع و مأخذ

- ۱- احمدی، حسن، (۱۳۸۶). ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۸۸ صفحه.
- ۲- ایازی، محمد، (۱۳۸۴). بررسی تکنیک‌های پیش‌پردازش در افزایش دقت تناظریابی عکسی، همایش و نمایشگاه ژئوماتیک ۸۴، سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳ صفحه.
- ۳- باقرپور، سیده‌مهدی، (۱۳۹۳). تهیه نقشه ژئومورفولوژی تفصیلی با کمک تکنیک‌های همپوشانی و GIS (بخش شرقی منطقه کرد). اولین همایش علوم جغرافیایی ایران،

ژئومورفولوژی تهیه شده به هر دو روش مذکور، معلوم گردید رابطه‌ای بین تعداد پلی‌گون‌های لندفرم‌های فرسایشی و نیز مساحت پلی‌گون‌های مربوطه با میزان درصد صحت بدست آمده برای هر یک از لندفرم‌های ژئومورفولوژی وجود ندارد و مساحت لندفرم‌ها در روش فتوگرامتری تحلیلی کمتر از روش سنتی هستند. بنابراین مرز لندفرم‌ها در روش فتوگرامتری تحلیلی منطبق بر واقعیت زمینی می‌باشند. سایر محققین نیز طی تحقیقاتی به نتایج مشابه دست یافته‌اند (Arias et al, 2005-Abdullah, 2011; Champagne et al., 2015)

لازم به توضیح است از آنجا که تفسیر عکس‌ها به حالت سه بعدی و به صورت دیجیتال انجام می‌گیرد، اندازه‌گیری فواصل بین دو نقطه همزمان با ترسیم کردن حدود لندفرم‌ها بر روی عکس‌های اورتوفتو شده امکان‌پذیر است و با توجه به مقیاس نقشه دقیقاً می‌توان گفت به عنوان مثال، عرض شیار ایجاد شده چقدر است.

لذا با تعاریفی که برای تفکیک فرسایش شیاری و آبراه‌های داریم، می‌توان آنها را از هم تفکیک نمود. به هنگام ترسیم دستی نقشه این مورد با دشواری زیادی همراه است. کوچکترین جابجایی خطای بسیار زیادی در مقیاس نقشه ایجاد می‌کند ولی در ترسیم دیجیتال با کامپیوتر و به حالت سه بعدی، بعد از اعمال تصحیحات هندسی و ژئورفرنس کردن دیگر جابجایی اتفاق نمی‌افتد و با ابزارهای مختلف می‌توان به راحتی و به طور سه بعدی اندازه‌گیری نمود و مرز لندفرم شیاری را از آبراه‌های تفکیک نمود.

البته می‌توان گفت ضرورت استفاده از نقشه DEM در عملیات اورتوفتوی عکس‌های هوایی از محدودیت‌های استفاده از این نرم‌افزار می‌باشد چرا که ممکن است تهیه نقشه DEM که کل منطقه در بردارنده هر زوج عکس را پوشش دهد امکان‌پذیر نباشد. علوی‌پناه (۱۳۹۰: ۳۰۸)، روش فتوگرامتری تحلیلی را بدلیل سهولت در فرایند رقومی نمودن، انعطاف زیاد در اخذ، ارائه و اجرای داده‌ها بهتر از سایر روش‌های تبدیل عکس هوایی به نقشه معرفی کرده است.

Engineering Journal, 50(3): 219-227.

14- Ackermann, F., (1984). High precision digital image correlation. Institute of Photogrammetry, University of Stuttgart, 9: 231-243.

15- Atkinson, K. B., (1996). Close range photogrammetry and machine vision. Department of Photogrammetry and Surveying University, Whittles Publishing Company, 167p.

16- Champagne, C., McNarin, H., Daneshfar, B. and Shang, J., (2015). A bootstrap method for assessing classification accuracy and confidence for agricultural land use mapping in Canada. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 29:44-52.

17- Chen, L., (2004) Assessing the accuracy of remotely sensed data. Intermountain GIS user's Conference Pocatello. 124p.

18- Forstner, W., (1984) Quality assesment of object location and point transfer using digital image correlation techniques. International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing, 25-3a: 197-219.

19- Grun, A. and Baltsavias, E., (1984). Adaptive least squares correlation with geometrical constraint. Proceedings of the SPIE, 595p.

20- Hay, A. M., (1979). Sampling designs to test land-use map accuracy. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 45: 529-533.

21- Jensen, J. R., (1996) Introductory digital image processing: A remote sensing Perspective, Prentice-Hall. New Jerse.

22- Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W., (1994) Remote sensing and image interpretation. John Wiley and Sons, 720p.

23- Lin, C., Wu, C. C., Tsogt, Kh., Ouyang, Y. Ch. and Cahng, Ch., (2015). Effects of atmospheric correction and pansharpening on LULC classification accuracy using WorldView-2 imagery. Information Processing in Agriculture, 2:25-36.

24- Ojaghi, S., Ebadi, H. and Farnood Ahmadi, F., (2015). Using artificial neural network for classification of high resolution remotely sensed images and assessment of its performance compared with statistical methods. American Journal of Engineering, Technology and Society, 2(1): 1-8.

۳۰ اردیبهشت: ۷ صفحه.

۴- برومند و نورالله دوست؛ مهدی و مجید، (۱۳۸۵). معرفی نرم افزار رقومی فتومد (PHOTOMOD)، ماهنامه علمی و فنی سازمان نقشه برداری کشور، شماره ۷۷، ۶ صفحه.

۵- ثروتی، محمدرضا، (۱۳۸۱). ژئومورفولوژی منطقه‌ای ایران. انتشارات سازمان جغرافیایی، ۱۵۷ صفحه.

۶- رامشت، محمدحسین، (۱۳۸۵). کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین در برنامه‌ریزی. انتشارات دانشگاه اصفهان، ۳۴۸ صفحه.

۷- رنجبرنژاد و شتایی؛ پروین و شعبان، (۱۳۸۸). بررسی روش‌ها و شدت‌های مختلف تهیه واقعیت زمینی نمونه‌ای در ارزیابی صحت موضوعی نقشه‌های جنگل، همایش و نمایشگاه ژئوماتیک ۸۸، سازمان نقشه برداری کشور، ۹ صفحه.

۸- علوی پناه، کاظم، (۱۳۹۰). اصول سنجش از دور نوین و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۸۰ صفحه.

۹- قربانیان و مرشدی؛ جبرئیل و جعفر (۱۳۹۰). امکان سنجی نقشه‌های ژئومورفولوژی در آمایش ناحیه‌ای با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد مطالعه: شهر اهواز. فصلنامه علمی-پژوهشی جغرافیای انسانی، ۳(۲): ۷۴-۵۹.

۱۰- همراه، مجید، (۱۳۸۲). مبانی فتوگرامتری (نقشه برداری هوایی). انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، چاپ چهارم، ۳۹۴ صفحه.

۱۱- یمانی، مجتبی، (۱۳۸۴). فصلنامه علمی-پژوهشی سپهر، ۱۴(۵۳): ۳۰-۳۵.

12- Arias, P., Herraiez, J., Lorenzo, H. and Ordonez, C., (2005). Control of structural problems in cultural heritage monuments using close-range photogrammetry and computer methods. Computers & Structures, 83(21-22): 1754-1766.

13- Abdullah, M, Kh., (2011). Two-dimensional displacement measurement using static close range photogrammetry and a single fixed camera. Alexandria