

استخراج و شناسایی لندفرم‌های یخچالی با استفاده از روش شی‌گرا (مطالعه موردی سیرک‌های یخچالی سبلان)

ابراهیم بهشتی جاوید- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی.
فریبا اسفندیاری* - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
شهرام روستائی- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۰۹ تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۱۱/۲۰

چکیده

طبقه‌بندی لندفرم در حقیقت یک موضوع پژوهشی اصلی در ژئومورفومتری و علوم است که تجزیه و تحلیل کمی از سطح زمین دارند. لندفرم‌ها کنترل‌کننده شرایط آستانه برای فرایندهای ژئومورفولوژیک فعلی و دیگر فرایندهایی مثل میکروکلیما، اکولوژی و هیدرولوژی سطحی و غیره است. از این رو شناسایی دقیق آنها می‌تواند کمک زیادی در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی باشد. در این پژوهش با استفاده از روش شی‌گرا و سه لایه انحنای پلان، انحنای میانگین و انحنای پروفایل، لندفرم‌های یخچالی (سیرک‌ها) دامنه‌های شمالی سبلان مورد شناسایی قرار گرفته است. لایه مدل رقومی ارتفاعی زمین با قابلیت تفکیک زمینی ۱۰ متر تهیه شده از نقشه توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰۰) به عنوان لایه پایه به منظور تهیه لایه‌های انحنای استفاده شد. برای تعیین مقیاس مناسب جهت قطعه‌بندی لایه‌ها از نرم‌افزار ESP و همچنین از ابزار الحاقی آن در نسخه ۸ نرم‌افزار ecognition استفاده شد با توجه به نتایج بدست آمده مقیاس ۴۴ برای قطعه‌بندی لایه‌ها انتخاب شد. در ادامه کار با در نظر گرفتن مدل مفهومی پژوهش و اجرای آن در نرم‌افزار ecognition سیرک‌های یخچالی منطقه به همراه لایه خط‌الراس‌ها شناسایی و استخراج شدند. مقایسه نتایج بدست آمده با بازدیدهای میدانی انجام شده و تصاویر ماهواره‌ای منطقه نشان می‌دهد که روش فوق توانسته تا درجه زیادی اهداف مورد نظر در پژوهش را برآورد سازد.

واژگان کلیدی: لندفرم‌های یخچالی، سیرک، روش شی‌گرا، دامنه‌های شمالی، سبلان.

مقدمه

ژئومورفومتری علم تحلیل های کمی از سطح زمین و لندفرمها است (پایک^۱، ۱۹۹۵؛ راسمن^۲ و همکاران، ۲۰۰۴). مورفومتری لندفرمها به خودی خود صرف نظر از استفاده یا عدم استفاده از داده های دیجیتالی به صورت منطقی به عنوان بخشی از ژئومورفولوژی کمی مطرح است (تورن^۳، ۱۹۸۸؛ اسچیدگر^۴، ۱۹۹۱؛ لئوپلد^۵ و همکاران، ۱۹۹۵؛ رادس^۶ و تورن، ۱۹۹۶). ایوانس^۷ (۱۹۷۲) اولین کسی بود که ژئومورفومتری را در دو شاخه ژئومورفومتری عمومی و ویژه تقسیم بندی کرد، در ژئومورفومتری ویژه بیشتر لندفرمها و اشکال حاصل از فرایندهای ژئومورفیک همچون یخچالها و رواناب مورد بحث قرار می گیرد. در ژئومورفومتری تقسیم بندی زمین نگرشی برای انسجام بخشی و پیکربندی داده های زمینی همچون مدل رقومی ارتفاعی زمین است، توسط اشتقاق پارامترهای سطح زمین (LSPs^۸) واحدهای زمینی شناخته شده در واحدهای فضایی گسسته طرح ریزی می شوند (استروبل^۹، ۲۰۰۸). شکل زمین همچون لندفرمها، در جریان سطوح آبی، انتقال رسوبات، تولید خاک و تعیین اقلیم در مقیاس های محلی و منطقه ای اثر می گذارد، علاوه بر این پدیده های طبیعی مثل پوشش گیاهی مستقیماً توسط الگوی لندفرمها و موقعیت نسبی آنها در میان چشم اندازه ها متاثر هستند (بلاش زینسکی^{۱۰}، ۱۹۹۷؛ کوپس^{۱۱} و همکاران، ۱۹۹۸؛ بلاشک و استروبل^{۱۲}، ۲۰۰۳). لندفرمها اگرچه اختلاف معناداری در علوم مختلف دارند، با این حال آنها ویژگی های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی عمومی زمین را آشکار کرده و قادر هستند فهم فرایندهای فعال گذشته و فعلی روی زمین را بهتر کرده و اطلاعات ارزشمندی را در رشته های وابسته در مورد مشخصه ها و پتانسیل زمین فراهم کنند (گرچک^{۱۳}، ۲۰۱۰: ۹).

استخراج نیمه اتوماتیک لندفرمها با استفاده از انواع مدل های سطح زمین همچون، مدل رقومی ارتفاع زمین^{۱۴}، شیب و انحنا^{۱۵} از مطالعات ویژه در ژئومورفولوژی، هیدرولوژی و علوم مشابه است (ایسانک^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۰: ۱). ترسیم و طبقه بندی لندفرمها با استفاده از مدل های سطح زمین به دلیل تغییرات طبیعی مرز بین لندفرمها از چالش های اساسی در این علوم است (فیشر^{۱۷} و همکاران، ۲۰۰۴؛ مارک و اسمیت^{۱۸}، ۲۰۰۴). به طور کلی الگوریتم های موجود برای بخش بندی زمین در دو گروه عمده تقسیم می شوند (رومستاد و اتزرمولر^{۱۹}، ۲۰۱۲): حاشیه مبنا و ناحیه مبنا. الگوریتم های حاشیه مبنا

1 - Pike

2 - Rasemann

3 - Thorn

4 - Scheidegger

5 - Leopold

6 - Rhoads

7 - Evans

8 - Land-surface parameters

9 - Strobl

10 - Blaszczyński

11 - Coops

12 - Blaschke and Strobl

13 - Gerçek

14 - Digital elevation model

15 - slope and curve

16 - Eisank

17 - Fisher

18 - Mark and Smith

19 - Romstad and Etzel müller

ساختار ناپیوستگی‌های توپوگرافیک همچون شکستگی‌های دامنه (برای مثال: گیلز و فرانکلین^۱، ۱۹۹۸، ماتسورا و آنیا^۲ (۲۰۱۲) یا شبکه‌های هیدرولوژیکی (برای مثال باند^۳ و همکاران، ۲۰۰۰، مک میلان^۴ و همکاران ۲۰۰۴) سطح زمین را در قطعاتی مجزا تعیین می‌کنند. در مقابل الگوریتم‌های ناحیه مبنا بخش‌بندی زمین را به وسیله ترکیب شبکه‌ای از سلول‌ها که از نظر مورفومتری به هم شبیه هستند، انجام می‌دهد (برای مثال میلیاریسیس^۵، ۲۰۰۱). یکی از الگوریتم‌های ناحیه مبنا که استفاده گسترده‌ای در بخش بندی سطوح زمین دارد الگوریتم تقسیم‌بندی چندتحلیله (MRS^۶) است (دراگوت و بلاشک^۷ ۲۰۰۶، ون اسلن و سیجموسبرگن^۸، ۲۰۰۶) که در تحلیل‌های شی‌گرا از تصاویر ماهواره‌ای کاربرد دارد. تعیین حدود لندفرم‌ها به وسیله تقسیم بندی سطح زمین (مانند الگوریتم MRS) و روش‌های اتوماتیک در قطعات و نواحی مجزا با توجه به صرف زمان کم و دقتی که دارند کار جذابی است (ایسانک^۹ و همکاران، ۲۰۱۴: ۲).

در رابطه با طبقه‌بندی و شناسایی لندفرم‌ها کارهای مختلفی انجام شده که به برخی از آنها در زیر اشاره شده است. رجیبی و بیاتی (۱۳۸۷) لندفرم دره‌های یخچالی کوهستان سهند را بررسی کردند. بر اساس نتایج تحقیق در تعدادی از دره‌های کوهستان سهند شواهدی از توسعه یخچال‌های دره‌ای موجود است و در واقع دره‌های شمالی و غربی این توده کوهستانی در بالادست از ویژگی دره یخچالی برخوردارند. شایان و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی کارایی شاخص‌های ژئومورفومتری در طبقه بندی لندفرم‌های مناطق خشک با استفاده از روش وود^{۱۰} پرداختند. در این تحقیق، کارایی روش وود در شناسایی و طبقه‌بندی لندفرم‌های منطقه خشک کویر مرنجاب ارزیابی شد. نتایج طبقه‌بندی نشان داد سطوح دشتی و صاف با ۴۹/۸ درصد بیشترین سطح را به خود اختصاص داده و خط‌الراس و دره‌ها در رده بعدی قرار دارند. مکرم و نگهبان (۱۳۹۳) لندفرم‌های منطقه مرنجاب را طبقه‌بندی کردند. نتیجه پژوهش آنها به صورت نقشه لندفرم‌های منطقه در ۱۰ طبقه ارائه شد. بر اساس نتایج بیشترین نوع لندفرم در منطقه مورد مطالعه مربوط به آبراهه (۳۲/۱۹٪) و بعد از آن قله‌ها (۲۵/۳۶٪) بود.

لوسین و کلمنز^{۱۱} (۲۰۱۱) در پژوهشی با استفاده از روش اتوماتیک شی‌گرا به طبقه‌بندی توپوگرافی زمین با استفاده از داده‌های SRTM^{۱۲} پرداختند. نتایج بدست آمده از پژوهش شباهت زیادی با الگوهای طبقه‌بندی موجود سراسری و منطقه‌ای داشتند. ستوپاتی^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی لندفرم‌های هیدرولوژیکی حوضه رودخانه پوناپیار^{۱۴} را مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش آنها از تکنیک‌های سنجش از دوری و GIS استفاده کرده و در نهایت نقشه هیدروژئومورفولوژی منطقه را تهیه کردند. کاسوک^{۱۵} و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به طبقه بندی شی‌گرا از تصاویر

1 - Giles and Franklin

2 - Matsuura and Aniya

3 - Band

4 - MacMillan

5 - Miliarsis,

6 - multiresolution segmentation

7 - ırtıguı and Blaschke

8 - Van Asselen and Seijmonsbergen

9 - Eisank

10 - wood

11 - Lucian and Clemens

12 - Shuttle Radar Topography Mission

13 - Sethupathi

14 - Ponnaiyar

15 - Kassouk

ماهواره ای اسپات^۱ به جهت نقشه کشی زمین شناسی و لندفرم‌های آتشفشان های فعال سیمپرو در اندونزی پرداختند. نقشه بدست آمده از پژوهش الگوی با جزئیات زیاد از زمین‌شناسی و اشکال ژئومورفیک منطقه آتشفشانی بدست آورد در حالی که در نقشه‌های قدیمی موجود تنها ۱۱ واحد تعیین شده بودند. واز^۲ و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی شن‌زارهای موجود در دو منطقه مریخ را مورد مطالعه قرار داده و به صورت اتوماتیک، با استفاده از روش شی‌گرا نقشه های مربوط به آنها را تهیه کردند. پدرس^۳ (۲۰۱۶) با استفاده از روش شی‌گرا لندفرم‌های آتشفشانی-یخچالی را مورد مطالعه و شناسایی قرار داد. او در این تحقیق لاواها و دشت‌های موجود در بخش جنوب غربی کشور ایسلند را مورد شناسایی قرار داده و نقشه آن را تهیه کرد.

در این مطالعه هدف ما شناسایی لندفرم‌های یخچالی به خصوص سیرک‌های یخچالی دامنه‌های شمالی سبلان است. این منطقه به دلیل شرایط اقلیمی و توپوگرافی که دارد در گذشته و حال به شدت تحت تاثیر فرآیندهای یخچالی و جنب یخچالی بوده است. وجود لندفرم‌های یخچالی همچون سیرک‌ها در این منطقه نشانگر همین مسئله است. وجود این لندفرم‌ها در یک منطقه، نحوه گسترش، بزرگی و تراکم آنها می‌تواند بیانگر شدت استیلای دوره‌های سرد یخچالی در آنجا باشد. شرایط سخت توپوگرافی مناطق کوهستانی گاه‌ها به دلیل هزینه بر و زمان بر بودن، امکان دسترسی به تمام مناطق را نمی‌دهد تا بتوانیم تمامی این لندفرم‌ها را از طریق پیمایش‌های میدانی شناسایی کنیم. در دامنه های شمالی سبلان به خاطر ارتفاع زیاد و توپوگرافی تند، دسترسی آسان به تمام مناطق آن امکان‌پذیر نیست. سبلان و بویژه دامنه های شمالی آن به دلیل گذراندن دوره های مختلف زمین‌شناسی، ارتفاع زیاد و اقلیمی که دارد دارای چندین سیرک یخچالی است. شناسایی موقعیت این سیرک‌ها بویژه در مناطقی که امکان دسترسی زمینی را ندارند و یا مستلزم صرف هزینه بالای زمانی و مالی هستند دارای اهمیت زیادی است. از این رو استفاده از مدل‌های خودکار و نیمه خودکار در شناسایی آنها می‌تواند روش مناسبی جهت پیمایش آنها باشد. در همین راستا برای شناسایی آنها از الگوریتم MRS و نسخه ۸ نرم‌افزار Ecognition استفاد شده است.

منطقه مورد مطالعه

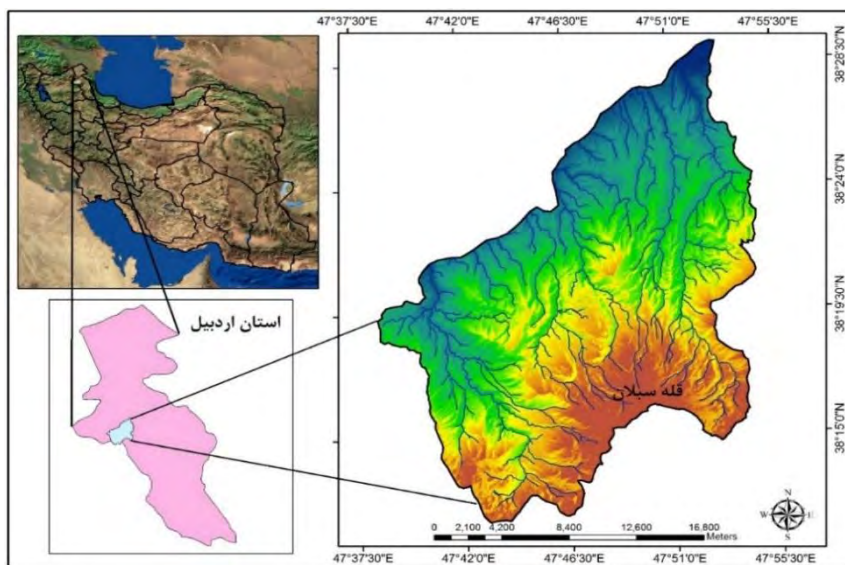
منطقه مورد مطالعه در این تحقیق دامنه‌های شمالی سبلان در استان اردبیل است که در موقعیت $38^{\circ} 38'$ تا $47^{\circ} 54'$ شرقی و $38^{\circ} 11'$ تا $39^{\circ} 29'$ شمالی قرار گرفته است. توده کوهستانی سبلان دارای امتداد غربی شرقی بوده و از سه قله بلند آتشفشانی تشکیل شده است. بیشترین ارتفاع منطقه برابر با ۴۸۱۱ متر از سطح دریا است. شیب زمین در دامنه شمالی بسیار تند است. این توده کوهستانی از گدازه‌های آتشفشانی از نوع بازالت که در چندین مرحله بیرون ریخته تشکیل شده است (طالقانی ۱۳۸۸: ۸۱). فعالیت سبلان در پلیوسن و کواترنر و در دو مرحله یکی قبل از کالدرا شامل آندوزیت و دیگری بعد از کالدرا متشکل از لاتیت کوارتز و داسیت صورت گرفته است (دیدون و ژارمن^۴، ۱۹۷۶: ۲۴). با توجه به نقشه اقلیمی استان اردبیل (همتی، ۱۳۸۶) منطقه کوهستانی سبلان دارای اقلیم مدیترانه ای است. این منطقه به خاطر ارتفاع زیاد و بهرمندی از رطوبت دریای خزر و بادهای غربی اغلب سال پوشیده از برف است (طالقانی ۱۳۸۸: ۸۲). بر اساس آمار ایستگاه‌های بارانسنجی و هواشناسی منطقه (مشگین شهر، قینرجه، موئیل، مشیران) میانگین بارش سالانه بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلیمتر برآورد می‌شود. این منطقه در دوره‌های مختلف یخچالی مانند وورم به شدت تحت تاثیر شکل‌زایی‌های یخچالی بوده است. کاربری زمین در بخش‌های هموار و پای کوهی سبلان عمدتاً از نوع باغ و زمین‌های کشاورزی است ولی در مناطق مرتفع اغلب زمین‌ها کاربری مرتع دارند.

^۱ - spot satellite

^۲ - Vaz

^۳ - Pedersen

^۴ - Didon et Germain



شکل شماره ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش

در این مطالعه از لایه مدل رقومی ارتفاعی زمین و داده‌های مشتق شده از آن جهت استخراج لندفرم‌های یخچالی استفاده شده است. برای تهیه لایه مدل رقومی ارتفاعی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استفاده شده است. انحنا۱، پروفایل^۱، انحنا۱ پلان و انحنا۱ میانگین^۲ سه لایه مهم مورد استفاده در این پژوهش هستند. در ادامه به نحوه تهیه لایه‌های مذکور پرداخته شده است.

تهیه مدل رقومی ارتفاعی

در این پژوهش برای ساخت مدل رقومی ارتفاعی از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استفاده شده است. برای این کار در محیط نرم‌افزار Arcmap و با استفاده از داده‌هایی همچون خطوط تراز، نقاط ارتفاعی و شبکه آبراهه اقدام به ساخت dem شد. یکی از نکات اساسی در تهیه مدل رقومی ارتفاعی تعیین اندازه مناسب سلول‌های و به عبارت قدرت تفکیک زمینی لایه است. در همین راستا چهار مدل رقومی ارتفاعی با سلول‌های ۱۰×۱۰، ۱۵×۱۵، ۲۰×۲۰ و ۳۰×۳۰ متری تهیه شد. برای تعیین میزان خطای مدل‌های ارتفاعی تهیه شده و انتخاب اندازه سلول مناسب با کمترین خطای جذر میانگین مربع‌ها^۳ (RMSE) استفاده شده است (رابطه شماره ۱).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2} \quad \text{رابطه شماره ۱:}$$

RMSE میزان خطا، N تعداد داده‌های آماری، x_i داده‌های حاصل از اندازه‌گیری و \hat{x}_i داده‌های واقعی را نشان می‌دهد (عاشورلو و همکاران ۱۳۸۷: ۵۰). RMSE میزان خطای بین دو مجموعه داده را اندازه‌گیری می‌کند. این پارامتر معمولاً مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده را با یکدیگر مقایسه می‌کند. در این پژوهش از بین ۳۱۲۰ نقطه ارتفاعی حدود یک سوم آنها (۱۰۴۰ نقطه ارتفاعی) در تهیه مدل ارتفاعی دخالت داده نشد و به عنوان داده‌های صحیح جهت ارزیابی خطا با داده‌های پیش‌بینی شده در مدل ارتفاعی تهیه شده مورد استفاده قرار گرفت. نتایج ارزیابی خطا در چهار مدل ارتفاعی تهیه شده به صورت جدول شماره ۱ ارائه شده است. با توجه به اطلاعات جدول در نهایت مدل ارتفاعی با اندازه سلول ۱۰ متری به خاطر خطای کمتر برای این پژوهش انتخاب شد.

^۱ - profile curvature

^۲ - plan curvature and mean curvature

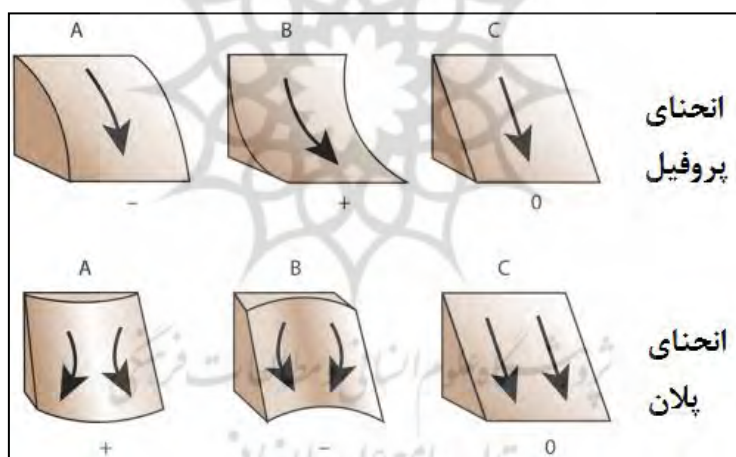
^۳ - Root Mean Square Error

جدول شماره ۱: خطای جذر میانگین مربع‌ها برای مدل ارتفاعی

اندازه سلول	۱۰×۱۰	۱۵×۱۵	۲۰×۲۰	۳۰×۳۰
خطای RMSE	۴/۱۵	۵/۷	۴۶۷	۴۵۵

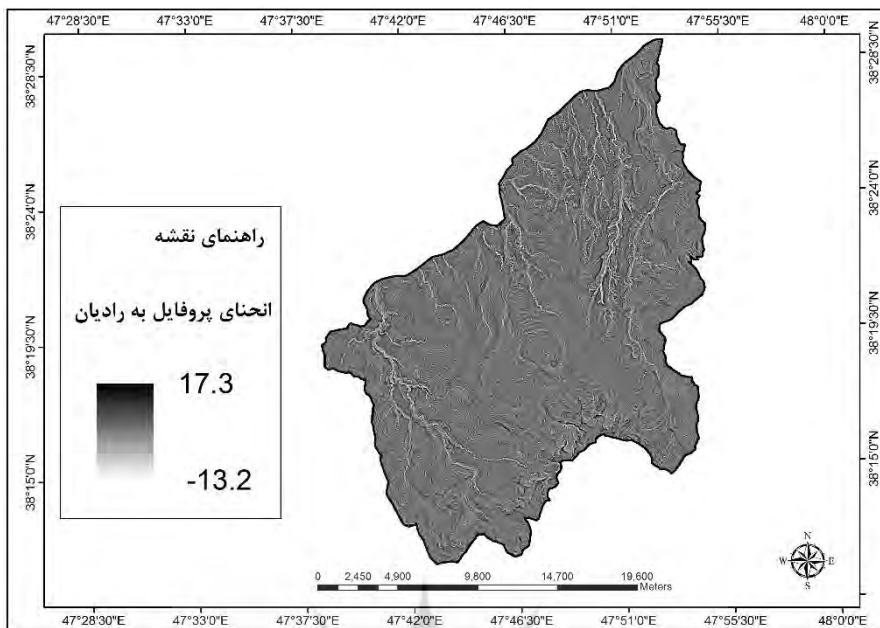
لایه های انحنای پروفایل، پلان و انحنای میانگین

در شناسایی سیرک‌های یخچالی داشتن این سه لایه دارای اهمیت فراوانی است با توجه به مورفومتری که آنها دارند وجود هر کدام از این لایه‌ها برای استخراج سیرک‌ها لازم و ضروری است. لایه انحنای پروفایل در واقع انحنای دامنه را در جهت شیب دامنه و عمود بر خطوط منحنی تراز نشان می‌دهد. در این پارامتر سلول‌های با ارزش عددی منفی نشانگر مناطق برجسته و محدب و اعداد مثبت نشان دهنده مناطق فرورفته و مقعر است. همچنین مناطق با ارزش عددی صفر نشانگر مناطق بدون انحنای مستقیم است (شکل ۲). با توجه به این امر در این لایه مناطقی با ارزش عددی مثبت می‌تواند موقعیت سیرک‌ها را به ما نشان بدهد. لایه انحنای پلان انحنای دامنه را در جهت عمود بر لایه انحنای پروفایل و در راستای منحنی های تراز نشان می‌دهد. در این لایه اعداد مثبت نشانگر مناطق محدب و برجسته و اعداد منفی نشانگر مناطق مقعر و فرورفته هستند (شکل ۲). در این لایه اعداد منفی می‌تواند نشانگر موقعیت سیرک‌ها باشد. در لایه انحنای میانگین نیز اعداد مانند لایه انحنای پلان هستند، اعداد منفی مناطق مقعر و اعداد مثبت مناطق محدب و برجسته را نشان می‌دهند.

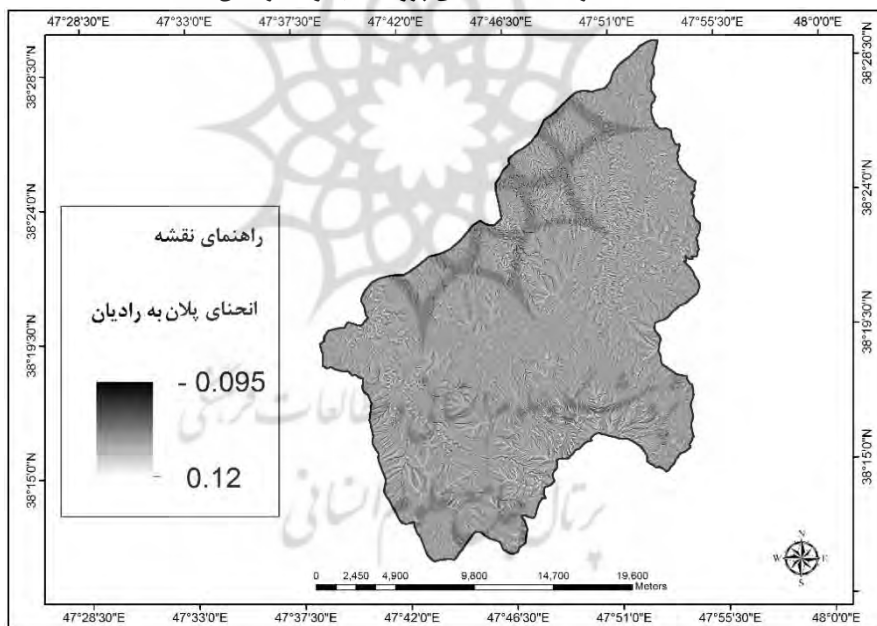


شکل ۲: شکل دامنه و جهت انحنای لایه های انحنای پروفایل و پلان

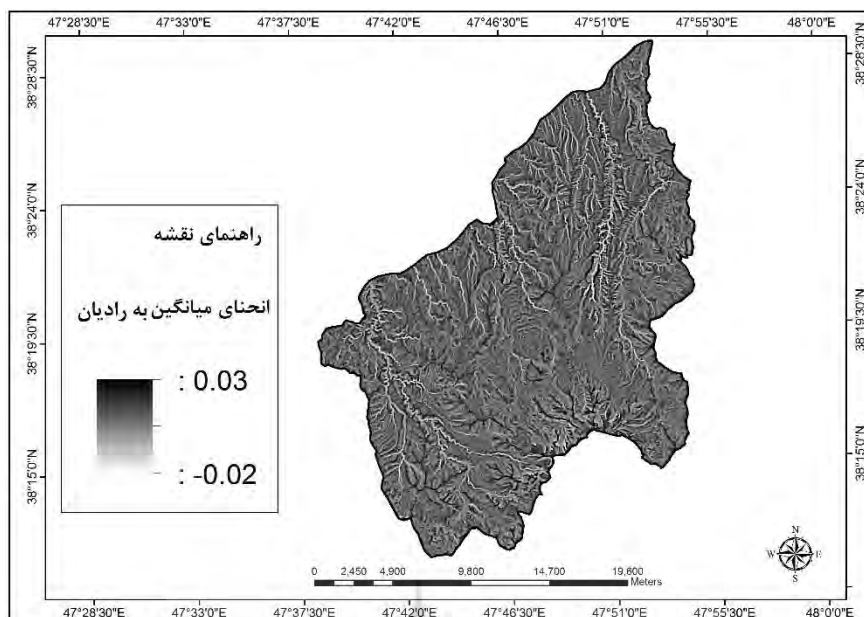
با توجه به مطالب گفته شده و مورفومتری سیرک‌های یخچالی برای استخراج آن‌ها لایه‌های انحنای پروفایل، انحنای پلان و انحنای میانگین تهیه شدند. برای انجام این کار از محیط نرم‌افزار SAGA استفاده شد. اشکال شماره ۳ تا ۵ سه لایه اطلاعاتی فوق را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۳: لایه انحنای پروفایل به واحد رادیان



شکل شماره ۴: لایه انحنای پلان به واحد رادیان



شکل شماره ۵: لایه انحنای میانگین به واحد رادیان

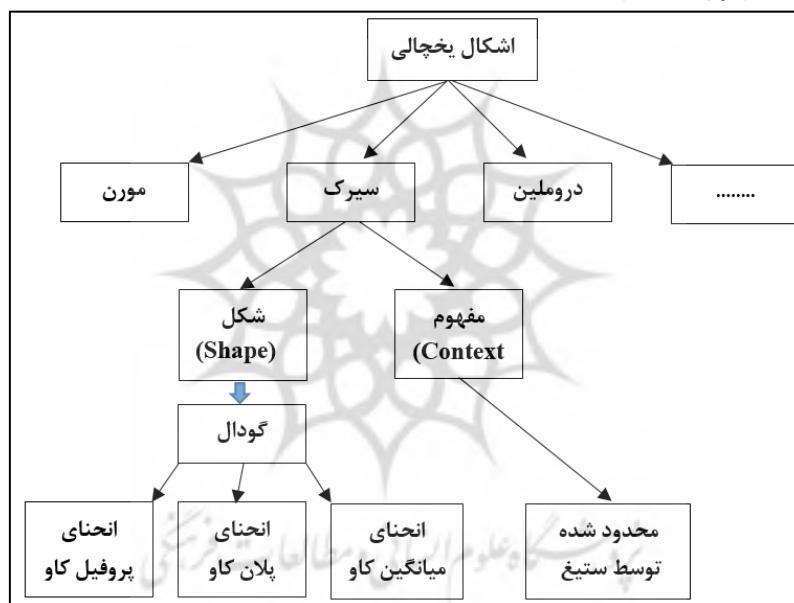
روش شناسایی

روش های نیمه اتوماتیک به رویه اتوماتیک استخراج فرایند پایه لندفرمها اشاره دارد. این روشها عمدتاً به روش های طبقه بندی نظارت نشده همچون طبقه بندی پیکسل پایه، تحلیل های مدل رقومی ارتفاعی، الگوریتمها، مدل سازی های هیدرولوژیکی و تحلیل های شی گرا مربوط می شوند (نابیل و موآواد، ۲۰۱۴: ۴۲). در این پژوهش برای طبقه بندی و استخراج لندفرمها از روش شی گرا و نسخه ۸ نرم افزار Ecognition استفاده شده است. روش طبقه بندی شی گرا به عنوان روشی جامع در تعریف پدیده ها، از هر دو دسته اطلاعات مکانی پیکسل پایه و ناحیه پایه در کنار داده های طیفی در فرآیند طبقه بندی استفاده می نماید. در این روش اطلاعات بسیار زیادی می تواند بر اساس اشیاء تصویری استخراج شوند، علاوه بر تن، شکل، بافت و زمینه از سایر لایه های اطلاعاتی اشیاء استفاده می شود. استفاده از این اطلاعات منجر به تمایط معنایی بهتر و صحیح تر و موجب ایجاد نتایج بخصوصی در زمینه تحقیق می شود (اکوگنیشن، ۲۰۱۲). روش شی گرا سلول های یک تصویر را با توجه به اطلاعات طیفی، بافت و زمینه در شی های همگن خوشه بندی می کند که این اشکال طبقه بندی شده می توانند ژئومورفولوژیکی باشند (سیجمونبرگ، ۲۰۱۲). شیء می تواند به صورت گروهی از پیکسل های همگن از نظر خصوصیات طیفی و مکانی تعریف شود که مقدم بر سگمنت سازی تصویر می باشند، بنابراین، تحلیل تصویر در الگوی شیء گرا به صورت تحلیل تصویر در فضای شیء نسبت به فضای پیکسل می باشد، و اشیاء نسبت به پیکسل ها می توانند به عنوان عنصر اولیه استفاده شوند. سگمنت سازی تصویر یک تکنیک اولیه ای است که می تواند به منظور تبدیل تصویر به چندین شیء استفاده شود. در مقایسه با پیکسل، شیء علاوه بر ارزش های طیفی، از چندین ویژگی دیگر مثل شکل، بافت و ریخت در تحلیل تصویر استفاده می کند. از مزایای این روش این است که کاربر می تواند در مقیاس بزرگ اشیاء ای که مدنظر ندارد را حذف کرده و بر روی اشیاء مورد نظر تمرکز کند. علاوه بر آن با ایجاد اشیاء در سطوح مختلف، رابطه پدر-فرزندی جهت بهبود/ آشکار سازی در فرایند استخراج استفاده شود (بلاشکا، ۲۰۱۰).

در این روش بحث قطعه بندی لایه ها و ایجاد شی های همگن اولیه بسیار حائز اهمیت است. این موضوع ارتباط مستقیمی با مقیاس انتخاب شده برای قطعه بندی لایه ها و همچنین اندازه اشکال مورد نظر دارد. برای تعیین مقیاس مناسب در این

پژوهش از ابزار الحاقی ESP به نرم‌افزار Ecognition اسفاده شده است. مراحل اجرای روش و تهیه لایه‌ها به صورت مفصل در ادامه آورده شده است.

در این پژوهش ما به دنبال استخراج سیرک‌های یخچالی دامنه‌های شمالی سبلان هستیم. این منطقه به دلیل ارتفاع زیاد، رطوبت زیادی دریافت می‌کند که عمده بارش‌های آن به شکل برف بوده و برای تشکیل سیرک‌های یخچالی و یخچال‌ها مناسب است. سیرک‌ها از غالب‌ترین لندفرم‌های فرسایش یخچالی هستند (امبلتون و هاماندا، ۱۹۸۸). بر اساس نظر ایوانس (۲۰۰۴:۱۵۴) سیرک‌ها چاله‌های شکل یافته در محل تغذیه یخچال‌ها در کوهستان هستند که توسط دامنه‌های پرشیب قوسی محدود شده‌اند. با توجه به مورفومتری یک سیرک می‌توان گفت این نوع از اشکال یخچالی شکل کاوی را در هر دو جهت انحنای پلان و انحنای پروفایل دارا بوده و بین صدها متر تا چندین کیلومتر اندازه دارند (گلاسر و بنت، ۲۰۰۴). این اشکال به طور عمومی از یک ستیخ سیرک، دیواره‌ای تند و کف سیرک که عمدتاً توسط یک دریاچه پوشیده شده تشکیل شده‌اند. با توجه به دانش موجود در مورد مورفومتری سیرک‌ها، نحوه استخراج این اشکال را می‌توان به صورت شکل شماره ۶ فرمول‌بندی کرد.



شکل شماره ۶: مدل مفهومی پژوهش (ایسانک و همکاران، ۲۰۱۰: ۴)

تعیین آستانه مقیاس پارامتری بسیار مهم برای جداسازی شی‌های مختلف در یک تصویر است، اندازه مقیاس تعیین شده برای سگمنت‌سازی تاثیر مستقیمی در اندازه اشکال استخراج شده دارد. برای تعیین مقیاس مناسب جهت جداسازی شی‌ها از روش آزمایش و خطا استفاده می‌شود (گرچک، ۲۰۱۰: ۱۱۵). مشخص کردن آستانه مقیاس مناسب برای تعیین شی‌های همگن در روش شی‌گرا جهت سگمنت‌سازی و استخراج لندفرم‌ها بسیار پراهمیت است. احتمالاً بهترین روش برای تعیین مقیاس مناسب جهت سگمنت‌سازی داده‌ها روش واریانس موضعی^۳ است. این روش در اصل برای تعیین مقیاس در تجزیه و تحلیل تصاویر توسعه یافته است (وودکوک و استراهلر^۴، ۱۹۸۷). دراگوت و همکاران (۲۰۱۰) برای ارزیابی دینامیک واریانس از یک سطح مقیاس به سطحی دیگر نرخ تغییرات واریانس موضعی (ROC-LV) را معرفی کردند. به وسیله تفسیر آستانه‌ها و قله‌های اصلی در نمودار ROC-LV می‌توان مشخصات مقیاس را نسبت به مشخصه داده‌ها در

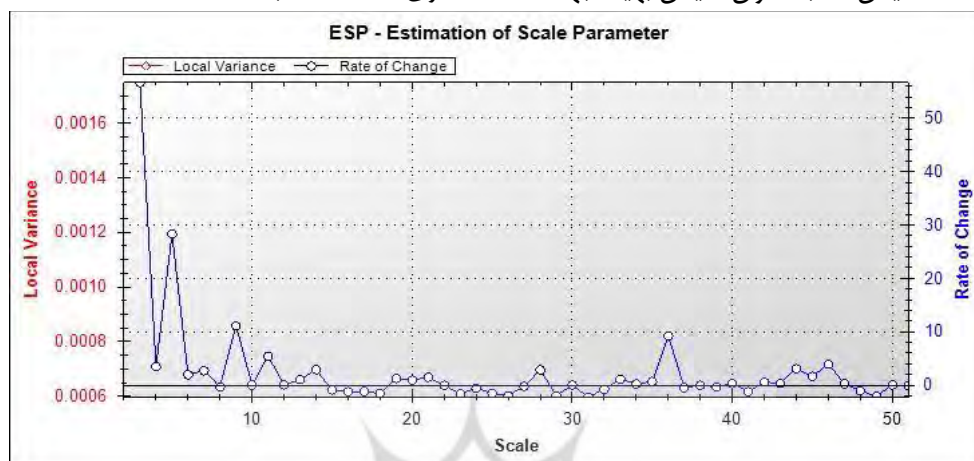
^۱ Embleton and Hamann-

^۲ Glasser and Bennett -

^۳ local variance-

^۴ Strahler & Woodcock-

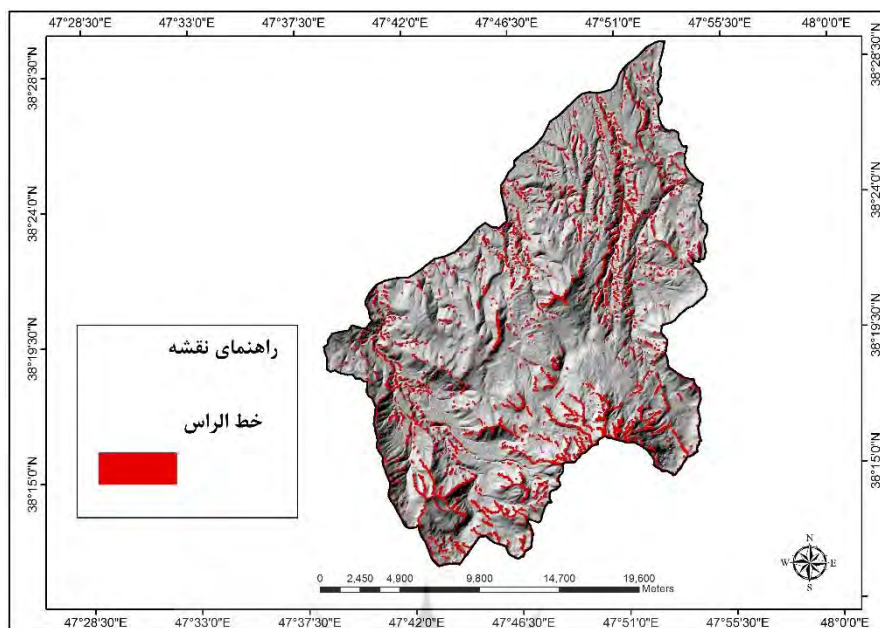
یک سطح چشم انداز پیدا کرد (دراگوت و همکاران، ۲۰۱۰، ۱۶۳). منحنی فوق برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار ESP در ۱۰۰ سطح مقیاس تهیه شد، تفسیر منحنی فوق (شکل شماره ۷) برای منطقه نشان می‌دهد که مقیاس‌های ۵، ۹، ۱۱ و ۳۶ بهترین تناسب را برای سگمنت‌سازی دارند. با توجه به نوع لندفرم‌های استخراجی و همچنین انجام فرآیند آزمایش و خطا مقیاس ۳۶ به عنوان مقیاس بهینه جهت سگمنت‌سازی داده‌ها انتخاب شد.



شکل شماره ۷: نمودار ROC-LV

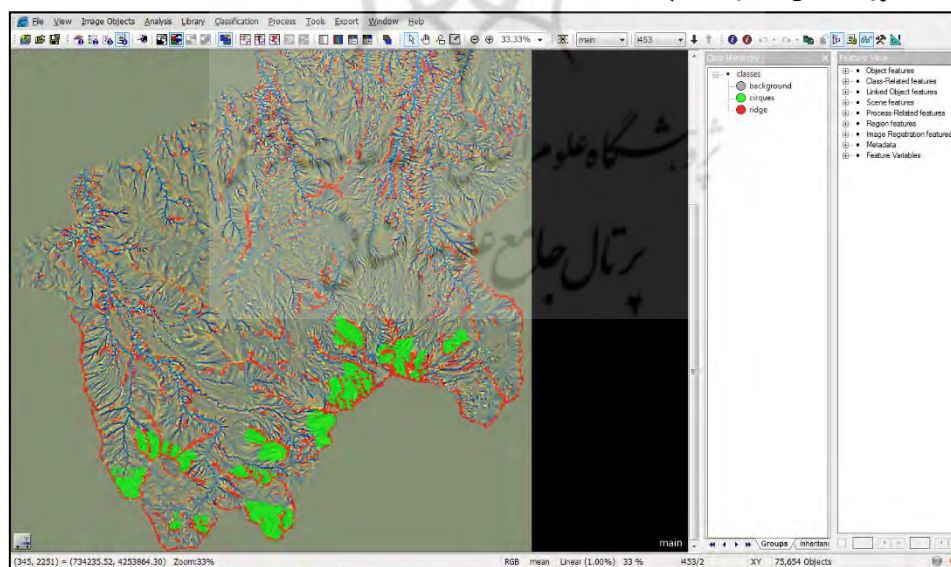
استخراج لندفرم‌ها

استخراج موقعیت خطالراس‌ها و ستیخ‌ها در تعیین و شناسایی سیرک‌ها بسیار حائز اهمیت است. با توجه به مورفومتری که این عوارض دارند برای طبقه‌بندی خطالراس‌ها از اشکال محدب در لایه‌ها استفاده شد. به طور عمومی، شکل تحدب در خطالراس‌ها به وسیله ارزش‌های مثبت در انحنا میانی و میانگین و انحنا پلان مشخص می‌شود. برای انجام اینکار و سگمنت‌سازی لایه‌ها از محیط نرم‌افزار Ecognition و الگوریتم MRS استفاده شد. این الگوریتم پرکاربردترین روش شناسایی در رویکرد جز به کل است (باتز و اسخاپ، ۲۰۰۰: ۱۴). در این روش، فرآیند قطعه‌بندی با یک پیکسل یا شیء آغاز می‌شود و به تکرار در چندین مرحله برای رسیدن به واحد شکل بزرگ‌تر (لندفرم) امتزاج و ترکیب می‌شود و این تکرار تا زمانی ادامه می‌یابد که از آستانه تعریف شده تجاوز نکند (پورباقر کردی و همکاران ۱۳۹۴: ۳۷۷). با انجام این کار و تعریف ویژگی‌های مورفومتری خطالراس‌ها و انجام مقایسه نتایج از طریق بازدیدهای زمینی لایه خطالراس‌ها به دست آمد (شکل شماره ۸).

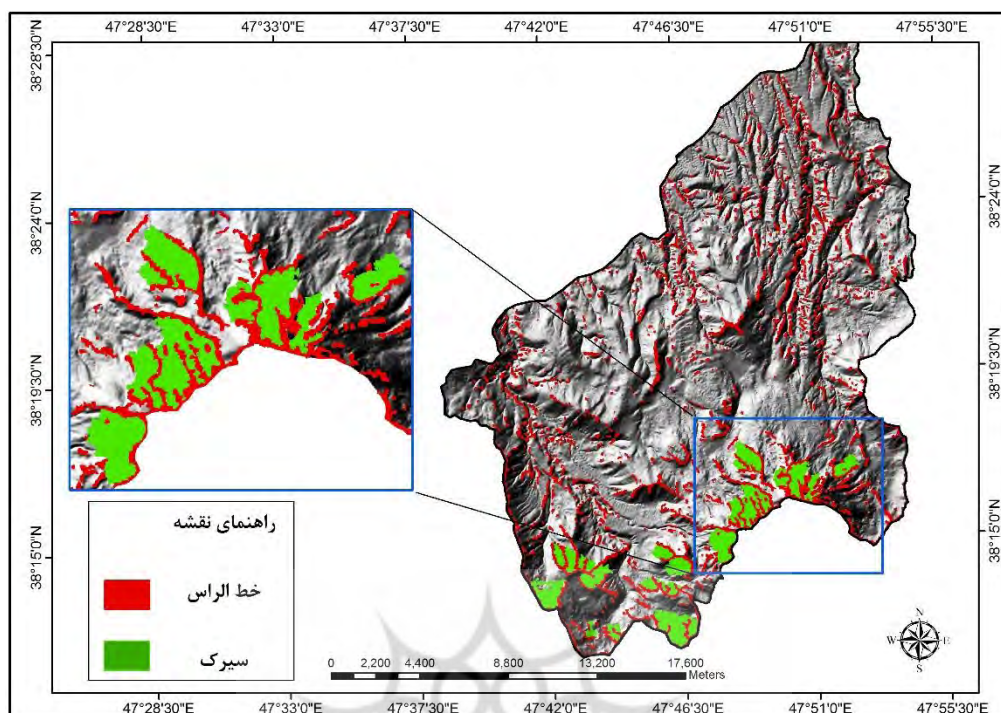


شکل شماره ۸: لایه خط‌الراس‌ها

با توجه به مدل مفهومی ارائه شده در شکل ۲، قوانین مربوطه در محیط نرم‌افزار Ecognition تعریف شد و در نهایت موقعیت سیرک‌ها با توجه به مورفومتري که دارند (با توجه به شکل ۲) و تعریف این ویژگی‌های مورفومتريک به لایه در محدوده مورد مطالعه استخراج شدند. شکل شماره ۹ نمایی از نرم‌افزار Ecognition را نشان می‌دهد. در مرحله بعد از نتایج گرفته شده به صورت فایل‌های وکتوری خروجی گرفته شد و در محیط نرم‌افزار Arcgis نقشه سیرک‌ها و خط‌الراس‌ها به صورت شکل شماره ۱۰ تهیه شد.



شکل ۹: نمایی از نرم‌افزار Ecognition



شکل ۱۰: نقشه سیرک‌ها و خط‌الراس‌ها

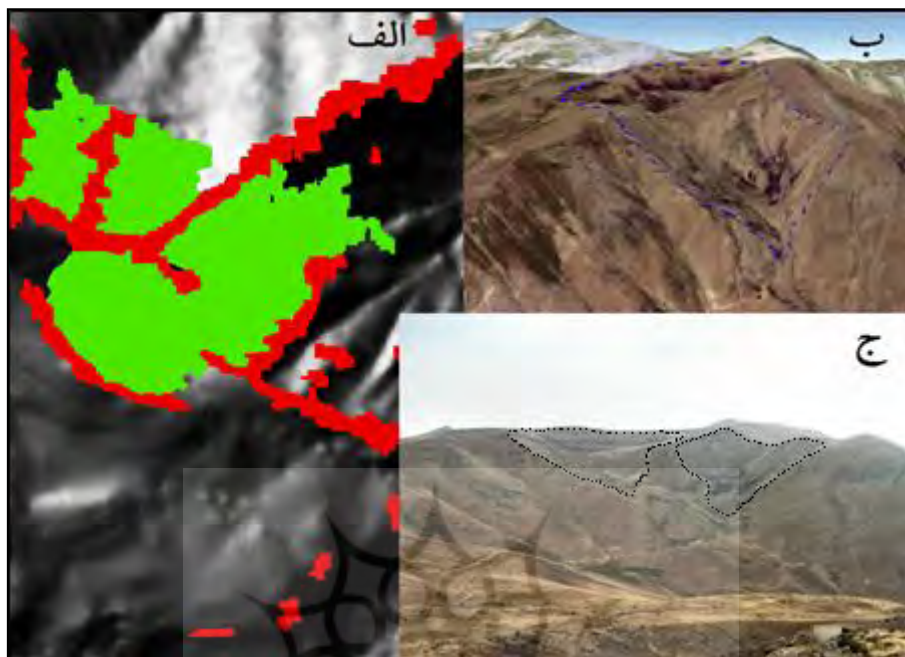
نتیجه‌گیری

در این پژوهش با رویکردی نیمه اتوماتیک با استفاده از روش شی‌گرا سیرک‌های یخچالی دامنه‌های شمالی سیلان استخراج شدند. نتیجه کار به صورت نقشه‌ای که موقعیت سیرک‌ها را نشان می‌دهد ارائه شد (شکل ۱۱). با توجه به مورفولوژی که سیرک‌ها دارند و تعریف این ویژگی‌ها در محیط نرم‌افزار، سیرک‌ها شناسایی شدند. در این منطقه ما ۲۴ نقطه را شناسایی کردیم که از نظر مورفومتری تعریف شده به عنوان سیرک یخچالی تعیین شدند. اندازه این سیرک‌ها بین ۳۱ هکتار تا ۵۸ هکتار در نوسان است. تمامی این سیرک‌ها در ارتفاع بالای ۳۸۰۰ متری واقع شده‌اند. جهت عمده دامنه‌ها در آنها به سمت شمال و شمال غرب است.

مقایسه نتایج بدست آمد با بازدیدهای میدانی انجام شده و تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای IRS با قدرت تفکیک ۲۴ متر و Google earth نشان می‌دهد که تا درجه زیادی روش فوق توانسته اهداف مورد نظر در پژوهش را برآورد سازد. ما برای مقایسه نتایج کار با واقعیت اقدام به انجام بازدیدهای میدانی از مناطق شناسایی شده کردیم. تصاویر تهیه شده از این سیرک‌ها و مقایسه با نتیجه بدست آمده از نرم‌افزار بیانگر دقت قابل قبول و توانایی خوب نرم‌افزار در استخراج لندفرم‌ها بوده است. در شکل شماره ۱۱ نمونه‌ای از مقایسات انجام شده بین تصویر ماهواره‌ای، عکس تهیه شده از بازدید میدانی و خروجی نرم‌افزار نشان داده شده که بیانگر انتطابق نتایج با برداشتهای زمینی است. بین را به عنوان

در این پژوهش ما سعی کردیم با استفاده از یک روش نیمه‌اتوماتیک و داده‌های زمینی سیرک‌های یخچالی شمال سیلان را شناسایی کنیم. مسئله اساسی که در استخراج لندفرم‌ها باید مد نظر قرار داد شناخت مورفومتری آنها، تعریف این مشخصه در نرم‌افزار و بدست آوردن مقیاس بهینه برای سگمنت‌سازی است. در واقع تجربه و تخصص کاربر در این روش به عنوان روشی نیمه اتوماتیک بسیار حائز اهمیت است. از مشکلات پیشروی این پژوهش نبود داده‌های با دقت زمینی بالا بود. داشتن مدل رقومی ارتفاعی بالا همچون ۲ متر و ۵ متر قابلیت استخراج لندفرم‌ها را بسیار بهبود بخشیده و امکان تعیین حدود و مرزبندی لندفرم‌ها با دقت بالایی صورت می‌گیرد. با این همه مقایسه خروجی‌های بدست آمده با برداشت‌های میدانی تا حدود خیلی زیادی قابل قبول است و می‌توان گفت نرم‌افزار از قابلیت مناسبی در این زمینه برخوردار است

نمونه کارهای انجام شده توسط محققینی همچون ایسانک و همکاران (۲۰۱۰)، راجش و همکاران (۲۰۱۱) و ساها و همکاران (۲۰۱۱) در زمینه شناسایی سیرک‌های یخچالی و سایر لندفرم‌ها نیز بیانگر همین امر است.



شکل ۱۱: الف) نمونه ای از سیرک های استخراج شده با نرم افزار، ب) تصویر ماهواره ای ج) بازدید میدانی

منابع

۱. پورباقر کردی سیدمهدی، قنواتی عزت الله، کرم امیر، صفاری امیر (۱۳۹۴) کاربرد روش‌های قطعه‌بندی تصاویر طیفی در شناسایی و جدا سازی مخروط افکنه‌های حوضه یزد-اردکان، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، صفحه ۳۶۷-۳۸۳.
۲. رجیبی معصومه، بیاتی مریم (۱۳۸۷)، بررسی لندفرم دره‌های یخچالی مطالعه موردی: دره‌های یخچالی کوهستان سهند، پژوهش‌های جغرافیایی: تابستان ۱۳۸۷، دوره ۴۰، شماره ۶۴، از صفحه ۱۰۵ تا صفحه ۱۲۱.
۳. سیاوش شایان، مجتبی یمانی، منوچهر فرج زاده، علی احمدآبادی، (۱۳۹۱)، طبقه بندی نظارت شده لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی مناطق خشک با استفاده از پارامترهای ژئومورفومتریک (نمونه موردی: منطقه مرنجاب)، فصلنامه سنجش از دور و GIS، سال چهارم، شماره ۲ (پیاپی ۱۴)، صص ۱۹-۲۸.
۴. علایی طالقانی، محمود، (۱۳۸۴)، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات قومس، چاپ دوم.
۵. عاشورلو داوود، متکان علی اکبر، کاظمی آزاده، حسینی امین، آزادبخت محسن، حاجب محمد، غلام پور علی (۱۳۸۷)، تعیین اندازه پیکسل جهت محاسبه خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز برای نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ ایران، فصلنامه زمین شناسی ایران: زمستان ۱۳۸۷، دوره ۲، شماره ۸، از صفحه ۴۷ تا صفحه ۵۴.
۶. مکرم مرضیه، نگهبان سعید (۱۳۹۳)، طبقه بندی لندفرم‌ها با استفاده از شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI) (مطالعه موردی: منطقه جنوبی شهرستان داراب)، اطلاعات جغرافیایی: زمستان ۱۳۹۳، دوره ۲۳، شماره ۹۲، از صفحه ۵۷ تا صفحه ۶۵.
۷. همتی رسول، (۱۳۸۶) طرح آمایش استان اردبیل - مطالعات اقلیمی - با سیستم اطلاعات جغرافیایی (gis)

8. Band, L., Tague, C., Brun, S., Tenenbaum, D., Fernandes, R., 2000. Modelling watersheds as spatial object hierarchies: structure and dynamics. *Trans. GIS* 4, 181–196.
9. Blaschke, T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65, 2–16.
10. Baatz, M. and Schöp, A. (2000). "Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation". Heidelberg. Pp. 12-23.
11. Didon, J., and Germain, Y.M., 1976, *Le Sablan, Volcan Plio-Quaternaire de l'Azerbaïdjan oriental (Iran): étude géologique ET pétrographique de l'édifice ET de son environnement regional.* PhD diss., University Scientifique ET Medical de Grenoble (1976).
12. Drăguț, L., Blaschke, T., 2006. Automated classification of landform elements using object based image analysis. *Geomorphology* 81, 330–344.
13. Drăguț, L., Eisank, C., Strasser, T., (2010) Local variance for multi-scale analysis in geomorphometry, *Geomorphology*, Volume 130, Issues 3–4, 15 July 2011, Pages 162–172.
14. Drăguț, L., Clemens Eisank (2011), Automated object-based classification of topography from SRTM data, *Geomorphology* 141-142 (2012) 21-33.
15. *Ecognition Developer 2012: User guide, Ecognition Developer imaging.*
16. Eisank, C., Drăguț, L., Götz, J. and Blaschke, T. (2010) Developing a semantic model of glacial landforms for object-based terrain classification - the example of glacial cirques. In: Addink, E.A. and F.M.B. Van Coillie (Eds.) *GEOBIA 2010-Geographic Object-Based Image Analysis*. Ghent University, Ghent, Belgium, 29 June – 2 July. *ISPRS Vol.No. XXXVIII-4/C7, Archives ISSN No 1682-1777*.
17. Eisank, C., Smith, M., Hillier, J., (2014), Assessment of multiresolution segmentation for delimiting drumlins in digital, *Geomorphology*, GEOMOR-04677; No of Pages 13
18. Embleton, C. And Hamann, C., 1988. A comparison of cirque forms between the Austrian Alps and the Highlands of Britain. *Zeitschrift für Geomorphology, Suppl.-Bd. 70*, pp. 75-93.
19. Evans, I.S., 1972. *General Geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics.* In: Chorley, R.J. (Ed.), *Spatial Analysis in Geomorphology*. Harper & Row, pp. 17–90.
20. Evans, I.S., 2004. Cirque, glacial. In: A.S. Goudie (Ed), *Encyclopedia of Geomorphology, Volume 1, A-I*. Routledge, London and New York, pp. 154-158.
21. Fisher, P., Wood, J. and Cheng, T., 2004. Where is Helvellyn? Fuzziness of multi-scale landscape morphometry, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 29(1), pp. 106-128.
22. Gerçek, D., 2010, *Object-based classification of landforms based on their local geometry and geomorphometric context*, Ph.D., Department of Geodetic and Geographic Information Technologies, Supervisor: Prof. Dr. Vedat Toprak Co-Supervisor: Prof. Dr. Josef Strobl March 2010, 202 pages.
23. Giles, P.T., Franklin, S.E., 1998. An automated approach to the classification of the slope units using digital data. *Geomorphology* 21, 251–264.
24. Glasser, N.F. Bennett, M.R., 2004. Glacial erosional landforms: origins and significance for palaeogeology. *Progress in Physical Geography*, 28(1), pp. 43-75.
25. Leopold, L.B., Wolman, M.G., Miller, J.P., 1995. *Fluvial Processes in Geomorphology*. Dover, New York, 522 pp., reprinted from 1964 edition.
26. MacMillan, R.A., Jones, R.K., McNabb, D.H., 2004. Defining a hierarchy of spatial entities for environmental analysis and modeling using digital elevation models (DEMs). *Comput. Environ. Urban. Syst.* 28, 175–200.
27. Mark, D. and Smith, J., 2004. A science of topography: From qualitative ontology to digital representations. In: M. Bishop and J. Shroder (eds), *Geographic Information Science and Mountain Geomorphology*. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 75-100.
28. Matsuura, T., Aniya, M., 2012. Automated segmentation of hillslope profiles across ridges and valleys using a digital elevation model. *Geomorphology* 177 (178), 167–177.
29. Miliareis, G.C., 2001. Extraction of bajadas from digital elevation models and satellite imagery. *Comput. Geosci.* 27, 1157–1167.
30. Nabil S .E, Moawad B. M, 2014, A semi-automated approach for mapping geomorphology of El Bardawil Lake, Northern Sinai, Egypt, using integrated remote

- sensing and GIS techniques, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* (2014) Volume 17, Issue 1, June 2014, Pages 41–60.
31. Pedersen, G.B.M. (2016), *Semi-automatic classification of glaciovolcanic landforms: An object-based mapping approach based on geomorphometry*, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 311, 1 February 2016, Pages 29–40
 32. Pike, R.J., 1995. *Geomorphometry—progress, practice, and prospect*. *Zeitschrift für Geomorphology*, Supplement band 101, 221–238.
 33. Rasemann, S., Schmidt, J., Schrott, L., Dikau, R., 2004. *Geomorphometry in mountain terrain*. In: Bishop, M.P., Shroder, J.F. (Eds.), *GIS & Mountain Geomorphology*. Springer, Berlin, pp. 101–145.
 34. Rhoads, B.L., Thorn, C.E. (Eds.), 1996. *The Scientific Nature of Geomorphology*, 27th Binghamton Symposium in Geomorphology, Proceedings. 27–29 September. Wiley, Chichester, UK, 481 pp.
 35. Scheidegger, A.E., 1991. *Theoretical Geomorphology*, 3rd edition. Springer-Verlag, Berlin, 434 pp.
 36. Thorn, C.E., 1988. *An Introduction to Theoretical Geomorphology*. Unwin Hyman, Boston, 247 pp.
 37. Thornbury, W.D., 1954. *Principles of Geomorphology*. Wiley, New York, 618 pp.
 37. Seijmonsbergen, A.C., 2012. *Current trends in geomorphological mapping*. *Geophysical Research Abstracts*, vol. 14, EGU 2012, 12–14 June 2012, EGU General Assembly, Vienna.
 38. Sethupathi A.S., Lakshmi Narasimhan C., Vasanthamohan V. (2012), *valuation of hydro geomorphological landforms and lineaments using GIS And Remote Sensing techniques in Bargur–Mathur sub watersheds, Ponnaiyar River basin, India*, *International Journal of Geomatics and Geosciences Volume 3 Issue 1*, 2012. PP178-190.
 39. Strobl, J. (2008). *Segmentation-based Terrain Classification*. In: Q. Zhou, B. Lees and G. A. Tang, *Advances in Digital Terrain Analysis*, Series Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, New York, Springer, 125-139.
 40. Van A, S., Seijmonsbergen, A.C., 2006. *Expert-driven semi-automated geomorphological mapping for a mountainous area using a laser DTM*. *Geomorphology* 78, 309–320.
 41. Vaz, D.A., Sarmiento, P.T.K., Barata, M.T., Fenton, L.K., Michaels, T.I. (2015), *Object-based Dune Analysis: Automated dune mapping and pattern characterization for Ganges Chasma and Gale crater, Mars*, *Geomorphology* Volume 250, 1 December 2015, Pages 128–139.
 42. Woodcock, C.E., Strahler, A.H., 1987. *The factor of scale in remote-sensing*. *Remote Sensing of Environment* 21, 311–332.