

کاربرد سامانه گوگل ارث انجین در شناسایی لندفرمها (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بختیاری)

الهام قاسمی زیاراتی^۱، مریم ایلانلو^۲*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۱

چکیده:

لندفرم یک عرضه یا سیمای زمینی است که تشکیل آن به وسیله فرایندهای طبیعی به صورتی شکل گرفته که می توان آن را با عارضه های شاخص، توصیف و تعریف کرد؛ و در صورت شناسایی، این لندفرم اطلاعاتی درباره ساختار خود به همراه ترکیب، بافت یا یکپارچگی خود ارائه می دهد. وجود انواع لندفرمها و تنوع آنها به طور عمده با تغییر در شکل و موقعیت زمین کنترل می شود. بنابراین، طبقه بندی و شناسایی مناطق مختلف با توجه به ویژگی های مورفومتری آنها ضروری است. هدف از این پژوهش شناسایی لندفرمها در حوزه آبخیز بختیاری با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین بوده است. این پژوهش به لحاظ داده کیفی بوده است. در این پژوهش به منظور استخراج لندفرمها در سامانه گوگل ارث انجین از تصاویر ماهواره ای لندست استفاده شده است. بدین منظور در نرم افزار گوگل ارث انجین از ابزار Globa ALOS برای تهیه لندفرمهای منطقه استفاده گردید که در آن مجموعه داده ALOS Landform، کلاس های شکل زمین را ارائه می کند که با ترکیب شاخص بار حرارتی پیوسته (ALOS CHILI) و شاخص موقعیت توپوگرافی چند مقیاسی (ALOS MIPI) ایجاد شده اند. نتایج نشان داد که ۸ نوع لندفرم به نام های خط الراس / قله، کوه ها، صخره و پرتگاه، اراضی تپه ماهوری و دشت های ناهموار، دشت های دامنه ای، دشت های آبرفتی کنار رودخانه، آبراهه ها و دره های باریک در منطقه وجود دارد. همچنین با توجه به نتایج نقشه نهایی بیشترین مساحت منطقه، را دشت های دامنه ای و دشت های ناهموار در بر گرفته اند. لندفرم آبراهه در تمامی منطقه توزیع شده است.

کلمات کلیدی: سنجش از دور، تصاویر ماهواره ای، سیمای زمین، کلاس های شکل زمین، حوزه آبخیز بختیاری.

^۱ دانشجوی دوره دکتری، دانشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی، رشته ی: علوم و مهندسی محیط زیست
ghasemielham2023@gmail.com

^۲ استادیار گره جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران (نویسنده مسئول) maryamilanloo@yahoo.com

مقدمه

با معرفی گوگل ارث انجین در سال ۲۰۰۵ به بعد کاربران بسیاری در سراسر جهان به این تکنولوژی روی آورده‌اند (Camalan et al., 2022; Gomez et al., 2016; Peng et al., 2023). گوگل ارث انجین یک پلتفرم سریع و پر قدرت برای پردازش و تحلیل داده‌های مکانی است که به کاربران امکان می‌دهد تا با استفاده از داده‌های مکانی و سری‌های زمانی متنوع، تحلیل‌های پیشرفته‌ای را برای مطالعه و مدیریت منابع طبیعی، زمین‌شناسی، شبکه‌های اجتماعی و دیگر علوم راهبردی از خود ارائه دهند (Wellmann al., 2020). در سری‌های زمانی، گوگل ارث انجین می‌تواند برای کاربران خود امکاناتی را مهیا نماید که به آنها در بررسی تغییرات زمانی در منابع طبیعی و محیط زیست کمک می‌نماید (Fathololoumi al., 2022). گوگل ارث روشی را معرفی می‌کند که دانشمندان فعال در حوزه زمین‌شناسی و جغرافیا به شناسایی میدانی منطقه می‌پردازند، و ابزاری برای کاوش مکان‌های مطالعاتی بالقوه با سهولت و ارائه اطلاعات مکانی در یک رابط بین پلت فرمی به راحتی فراهم می‌کند (Huang al., 2020). اکتشاف مجازی سطح زمین، پوشش گسترده‌ی بسیار زیاد (Fekri et al., 2017; Xiong et al., 2021)، دسترسی به تمامی مکان‌های قابل مشاهده هوایی و جمع‌آوری فهرستی از داده‌های حس‌گر ماهواره‌ای اطلاعات بسیار بیشتر از آنچه‌ی که می‌توان در مطالعات صحرایی جمع‌آوری نمود را میسر می‌سازد. گام بعدی پس از این مرحله گسترش سهولت دسترسی به آرشیو بسیار بزرگتر و در حال بهبود مجموعه داده‌های تصاویر ماهواره‌ای است (Xiong al., 2017). به ویژه، ابزارهای نیمه خودکار که توانایی جمع‌آوری، پردازش و ارزیابی داده‌ها را به سرعت (و بدون نیاز به جمع‌آوری یا پیش پردازش داده‌ها) فراهم می‌کنند، نقش مهمی در دسترسی بیشتر به داده‌های جغرافیایی دارند (Waldner al., 2015). با ظهور و معرفی سامانه‌هایی چون گوگل ارث انجین دیگر نیازی به عملیات‌های میدانی هزینه‌بر و وقت‌گیر نمی‌باشد (Liu al., 2020). با گوگل ارث انجین می‌توان تحلیل‌های سری زمانی را به راحتی و با صرف وقت کم و با بهترین کیفیت انجام داد (Yang and Huang, 2021). زیرا در این سامانه تمام تصاویر ماهواره‌ای بصورت رایگان قابل پردازش بوده و نکته دیگر اینکه عملیات پیش پردازش به روی این تصاویر انجام شده و نیازی به انجام مجدد آن نمی‌باشد (Zhang al., 2021).

از جمله مواردی که در علوم محیطی کاربرد دارد تهیه نقشه لندفرم در گوگل ارث انجین است. نقشه‌های لندفرم از جمله نقشه‌های کاربردی در بسیاری از مطالعات پویژه مطالعات ژئومورفولوژی و محیط‌زیست می‌باشد (شایان و همکاران، ۱۳۹۱). لندفرم‌ها سطوح پیوسته‌ای از زمین را می‌پوشانند که بستری جهت فعالیت‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در سطح زمین محسوب می‌شوند. یکی از روش‌های معمول در علم ژئومورفولوژی طبقه‌بندی پدیده‌ها و عوارض زمین می‌باشد که هدف اصلی طبقه‌بندی در ژئومورفولوژی، استخراج و طبقه‌بندی تغییرات واحدهای سطح زمین (لندفرم) در اثر فعالیت‌های طبیعی است. روش‌های مختلفی برای بیان تنوع واحدهای ژئومورفیک وجود دارند که همه آنها تا حد زیادی مشابه یکدیگر هستند. بر اثر تغییرات زمین‌شناسی، هیدرولوژی و پدولوژی، واحدهای مختلف زمین شناسی ایجاد می‌شوند (مکرم و نگهبان، ۱۳۹۳). در این زمینه مطالعات مختلفی در

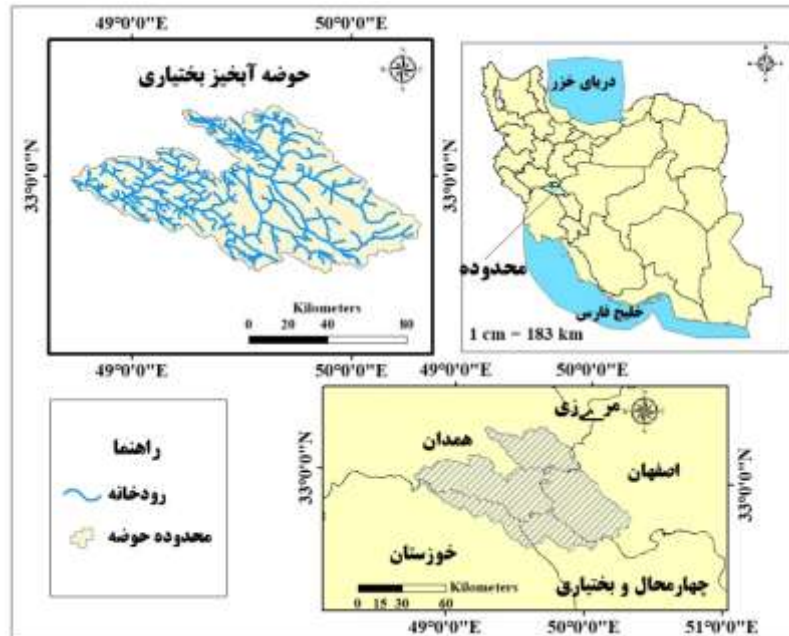
سطح جهان و ایران صورت پذیرفته است. شکاری بادی و همکاران (۱۴۰۲) به طبقه بندی خودکار لندفرم ها (ACL) با دو مدل ویژگی های زمین (TA) و شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI) در دامنه های شمال شرقی ارتفاعات کرکس کوه نطنز و کاشان پرداختند. نتایج حاصل از طبقه بندی مورفولوژیکی منطقه مطالعاتی با روش ویژگی های زمین نشان داد که فرم پادگانه های بالایی یا شانه دامنه با مساحت ۱۸۱۰ کیلومترمربع که حدود ۳۸ درصد مساحت منطقه را در برمی گیرد، فرم غالب چشم انداز محدوده مطالعاتی بوده است. طبقه بندی لندفرم ها با شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI) نیز نشان می دهد که لندفرم دره با مساحت ۱۸۷۲ کیلومترمربع معادل حدود ۴۰ درصد مساحت منطقه مورد مطالعه، به عنوان لندفرم غالب مطرح است. استفاده از چهار ورودی در مدل ویژگی های زمین و امکان طبقه بندی گسترده تر در شاخص موقعیت توپوگرافی از جمله مزایایی این مدل ها هستند. از نتایج حاصل از طبقه بندی لندفرم ها در این دو مدل می توان برای مطالعات بعدی به خصوص در زمینه ژئومورفولوژی خاک استفاده کرد. کرم و همکاران (۱۳۹۷) به تحلیل تغییرات مکانی-زمانی لندفرم ها و کاربری اراضی در بیابان زایی دشت یزد-اردکان با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال پرداختند و بیان کردند که لندفرم های موجود بروی دشت سر پوشیده به جز تپه های ماسه ای موج دارای روند نزولی تا سال ۲۰۱۶ بودند و این در حالی است که مناطق شهری و اراضی زراعی و باغات و جنگل های دست کاشت که بروی دشت سر پوشیده بودند، طبق تغییرات کاربری اراضی دارای روند صعودی بوده اند در نهایت نتایج مطالعه آنها نمایانگر آن بود که در محدوده مورد مطالعه در طی ۳۰ سال، نه تنها بر وسعت اراضی بیابانی افزوده نشده است، بلکه از محدوده اراضی بیابانی کاسته شده و بر دیگر کاربری ها اضافه گردیده است. همچنین در شرق و غرب منطقه مرز لندفرم ها تغییر نموده است. لورو^۱ و همکاران (۲۰۱۷) به شناسایی لندفرم های بهینه برای کاهش اثرات بر سیمای سرزمین با استفاده از LiDAR برای احداث بزرگراه جدید پرداختند. نتایج این تحقیق قابلیت اطمینان روش GIS را برای جلوگیری از تأثیرات بصری برای ناظران بالقوه در اطراف یا در یک بزرگراه جدید و تأثیرات اکولوژیکی تأیید نموده است.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز در مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۶۹ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی واقع شده است. رودخانه بختیاری به عنوان یک حوضه درجه ۳ بر مبنای تقسیم بندی وزارت نیرو، از زیرحوضه های حوزه آبخیز دز به حساب می آید (شکل ۱). که در تقسیم بندی بزرگتر در زیرمجموعه حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان قرار می گیرد. مساحت حوضه در محل ساختگاه سد در حدود ۶۴۸۸ کیلومترمربع و میانگین ارتفاع حوضه از سطح دریا ۲۲۱۲ متر می باشد. از شهرهای مهم موجود در این حوضه می توان به دزفول، اندیمشک و شوش اشاره کرد. رودخانه بختیاری دومین شاخه اصلی رودخانه دز می باشد که در ۴۰ کیلومتری جنوب اتصال رود سرخاب، به رودخانه سزار می پیوندد. رود بختیاری از ارتفاعات جنوبی اشترانکوه

^۱ - Loro

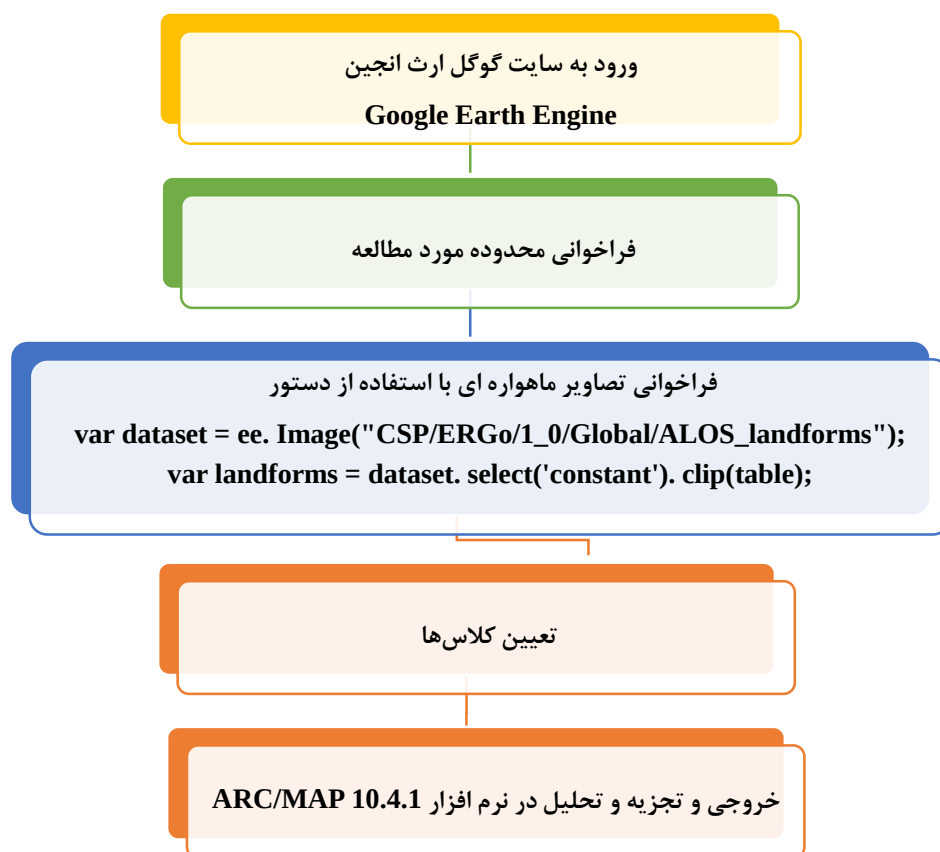
سرچشمه گرفته و در ابتدا به نام رود دره‌دایی در جهت عمومی شمال غرب به جنوب شرق جریان یافته و پس از اتصال با رودخانه گلستان که از فلات مرتفع جنوب الیگودرز سرچشمه می‌گیرد، به جهت جنوب متمایل شده و با رود وهرگان که از جنوب شرق به شمال غرب جریان دارد، همگام می‌گردد. سپس با دریافت جریانات آبی شاخه‌های کوچکتر، رودخانه به سمت غرب تغییر جهت داده و در این بخش به نام زالکی شناخته می‌شود. سپس با شاخه نسبتاً بزرگی که از شمال به آن می‌پیوندد، جمع شده و به رود سزار متصل می‌شود. از این پس، این رودخانه دز است که جریان می‌یابد.



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز بختیاری و شبکه آبراهه آن (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۳)

مواد و روش‌ها:

در این پژوهش به منظور استخراج در سامانه گوگل ارث انجین از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۹ استفاده شده است. در این مرحله در نرم افزار گوگل ارث انجین از ابزار Globa ALOS برای تهیه لندفرم‌های منطقه استفاده گردید. مجموعه داده ALOS Landform کلاس‌های شکل زمین را ارائه می‌کند که با ترکیب شاخص بار حرارتی پیوسته (ALOS CHILI) و شاخص موقعیت توپوگرافی چند مقیاسی (ALOS MIPI) ایجاد شده‌اند. این شاخص بر اساس داده‌های مدل رقومی ارتفاعی آلوس ۳۰ متری در سامانه گوگل ارث انجین کدنویسی شده است. به این منظور با استفاده از پروداکت لندفرم چند مقیاسه آلوس کدنویسی این پروداکت انجام شد و نقشه لندفرم حوزه آبخیز استخراج گردید. برای طبقه‌بندی بهتر می‌توان در بین کلاس‌ها نیز طبقه‌بندی به صورت دستی انجام داد تا یک طبقه‌بندی بهینه برای چشم‌انداز منطقه ایجاد شود. طبقه‌بندی مجدد با استفاده از کلاس‌های طبقه‌بندی نقشه تولید شده ویژگی‌های ژئومورفولوژی منطقه در محیط نرم‌افزار ARCGIS انجام شد.



شکل ۲: فلوچارت تحقیق (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۳)

نتایج:

برای تعیین لندفرم ها در حوزه آبخیز بختیاری از نرم افزار گوگل ارث انجین و تصاویر ماهواره ای لندست ۹ استفاده شده است.

در ابتدا با ورود به نرم افزار گوگل ارث انجین، محدوده مورد نظر با کدنویسی زیر فراخوانده شد.

```

Map.centerObject(table);
Map.addLayer(table);
    
```



شکل ۳: فراخوانی محدوده مورد مطالعه در گوگل ارث انجین

مجموعه داده ALOS Landform کلاس‌های شکل را زمین را ارائه می‌کند که با ترکیب شاخص بار حرارتی پیوسته (ALOS CHILI) و شاخص موقعیت توپوگرافی چند مقیاسی (ALOS MIPI) ایجاد شده‌اند. این شاخص بر اساس داده‌های مدل رقومی ارتفاعی آلوس ۳۰ متری در سامانه گوگل ارث انجین کدنویسی شده است. به این منظور با استفاده از پروداکت لندفرم چند مقیاسه آلوس برای حوزه آبخیز کدنویسی این پروداکت انجام شد و نقشه لندفرم حوزه آبخیز استخراج گردید. برای طبقه‌بندی بهتر می‌توان در بین کلاس‌ها نیز طبقه‌بندی به صورت دستی انجام داد تا یک طبقه‌بندی بهینه برای چشم‌انداز منطقه ایجاد شود. طبقه‌بندی مجدد با استفاده از کلاس‌های طبقه‌بندی نقشه تولید شده ویژگی‌های ژئومورفولوژی در محیط نرم‌افزار ARCGIS انجام شد.

در این مرحله با کدنویسی ذیل شاخص موقعیت توپوگرافی چند مقیاسی در محیط نرم افزار گوگل ارث انجین ایجاد می‌گردد.

```
var dataset = ee.Image("CSP/ERGo/1_0/Global/ALOS_landforms");
var landforms = dataset.select('constant').clip(table);
Map.addLayer(landforms)
```



شکل ۴: شاخص موقعیت توپوگرافی چند مقیاسی محدوده مورد مطالعه در گوگل ارث انجین

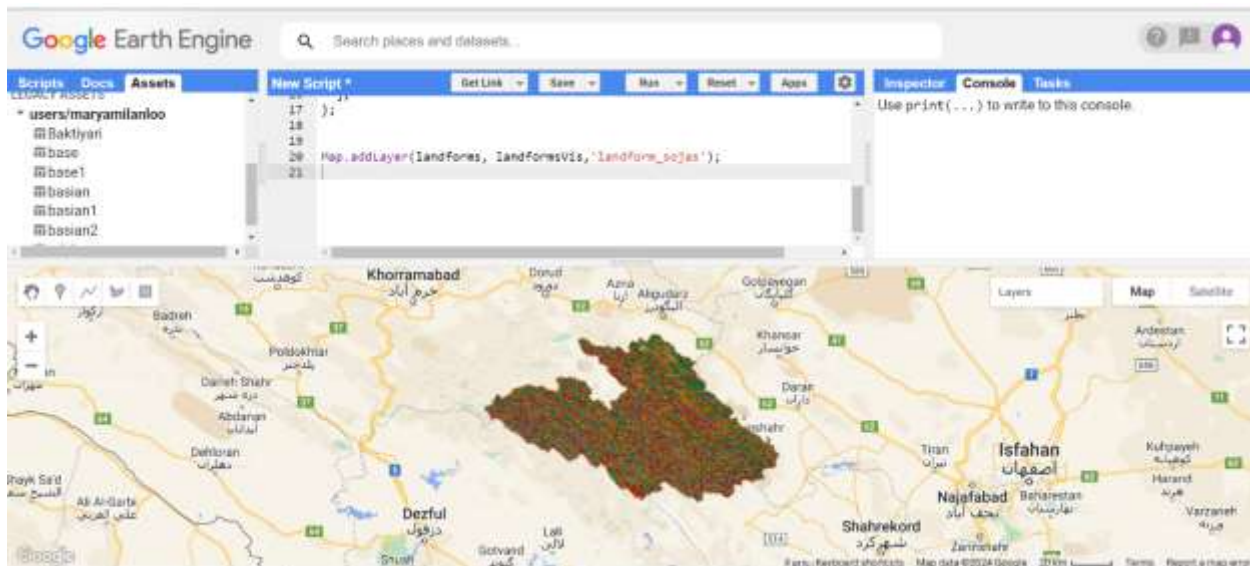
جدول ۱: کلاس های لندفرم ها در گوگل ارث انجین

مقدار	مقدار رنگ	کلاس
۱۱	#141414	خط الراس/ قله
۱۲	#383838	کوه ها
۱۳	#808080	صخره و پرتگاه
۱۴	#ebeb8f	اراضی تپه ای و دشت های ناهموار
۱۵	#f7d311	دشت های دامنه ای
۳۴	#e1f0e5	تراس های رودخانه ای و کوهستانی
۴۱	#a975ba	آبراهه ها
۴۲	#6f198c	دره های باریک

با کد نویسی ذیل کلاس های لندفرم ها تهیه می گردد.

```
var landformsVis = {
  min: 11.0,
  max: 42.0,
  palette: [
    '#141414', '#383838', '#808080', '#ebeb8f', '#f7d311', '#aa0000', '#d89382',
    '#ddc9c9', '#dcccce', '#1c6330', '#68aa63', '#b5c98e', '#e1f0e5', '#a975ba',
    '#f198c'
  ],
};
```

```
Map.addLayer(landforms, landformsVis, 'landform_sojas');
```

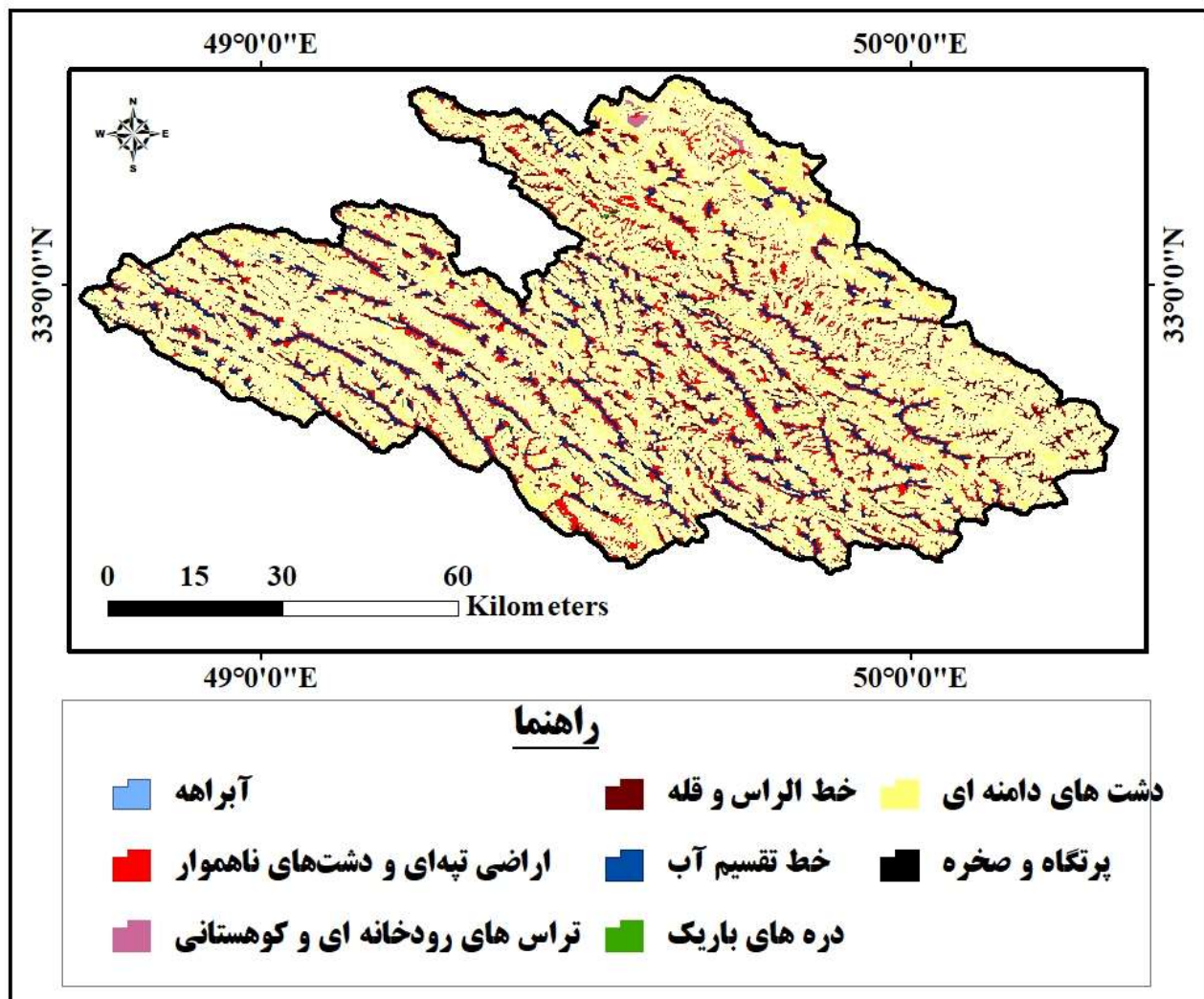



شکل ۵: خروجی لندفرم‌های محدوده مورد مطالعه در گوگل ارث انجین

با کمک تفسیر بصری در محیط نرم افزاری GIS ، عوارض و لندفرم‌های ژئومورفولوژی در محدوده مورد مطالعه شناسایی و مورد بررسی قرار گرفتند. سپس عوارض و لندفرم‌ها بدست آمد (شکل ۶).

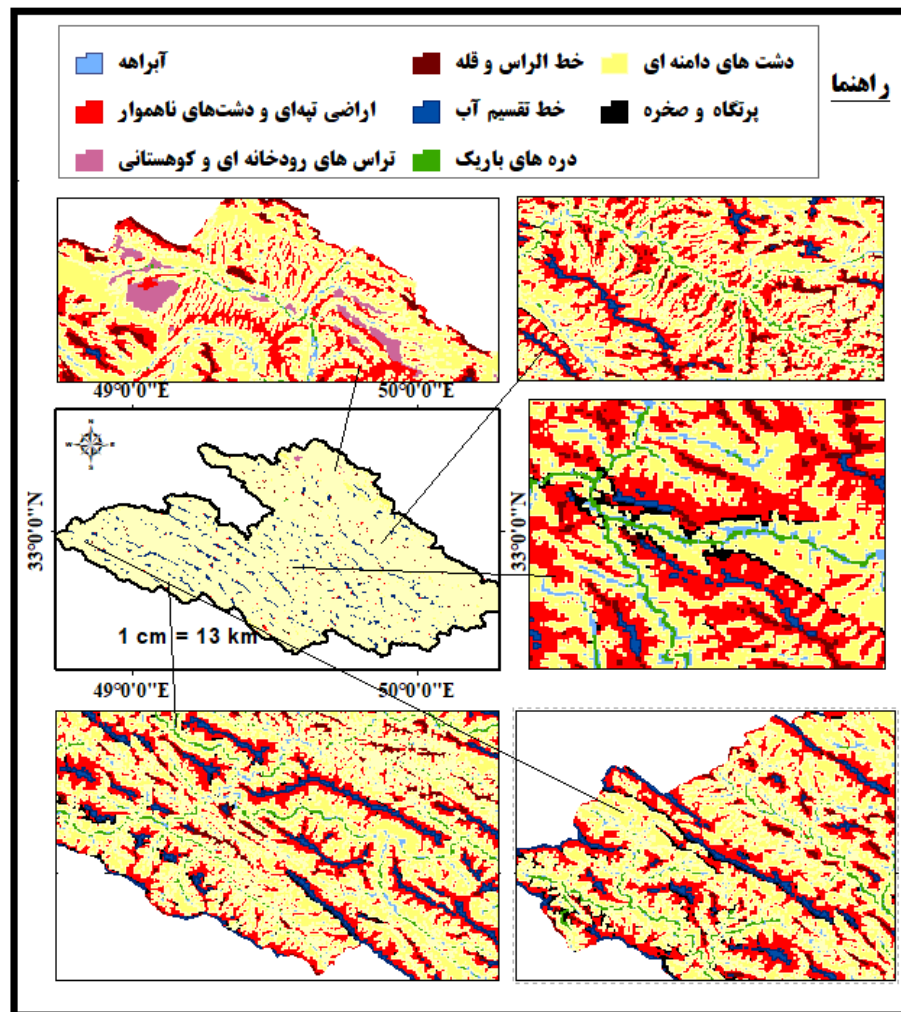
جدول ۲: تعداد پیکسل‌ها و درصد لندفرم‌ها در محدوده منطقه مورد مطالعه

لندفرم	تعداد پیکسل	درصد
خط الراس / قله	۱۴۸۵۴۱	۰/۷
کوه‌ها	۱۹۵۷۰۰	۲/۲
صخره و پرتگاه	۹۴۸۴۵	۱/۱
اراضی تپه‌ای و دشت‌های ناهموار	۳۵۶۳۵۹۱	۳۹/۷
دشت‌های دامنه‌ای	۳۷۲۷۲۹۷	۴۰/۷
دشت‌های آبرفتی کنار رودخانه	۱۹۸۰۰	۰/۲
آبراهه‌ها	۶۲۷۷۹۵	۶/۳
دره‌های باریک	۱۴۳۱۷۲	۱/۶



شکل ۶: نقشه لندفرم های حوزه آبخیز بختيار

جدول ۲، تعداد پیکسل ها و درصد لندفرم ها در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. همانطور که شکل ۶ و جدول ۲ نشان می دهد بیشترین مساحت در حوزه آبخیز بختيار متعلق به دشت های دامنه ای با تعداد ۳۷۲۷۲۹۷ پیکسل و با ۴۰/۷ درصد می باشد و پس از آن از آن اراضی تپه ای و دشت های ناهموار با تعداد پیکسل ۳۵۶۳۵۹۱ در حدود ۳۹/۷ درصد منطقه را در بر گرفته است. دشت های آبرفتی با رنگ زرد در قسمت شمال شرق منطقه واقع شده اند. خط تقسیم آب و خط الراس ها عمدتاً در تمامی حوضه با جهت شمال غرب - جنوب شرق کشیده شده اند. آبراهه ها در حدود ۶/۳ درصد منطقه را در بر گرفته اند. تراس های رودخانه ای و کوهستانی در مجاورت رودخانه قرار گرفته اند. با توجه به گسترش دشت ها دره های باریک تنها ۱/۶ مساحت منطقه را در بر گرفته اند. پرتگاه ها و صخره ها بیشتر در قسمت جنوب شرق حوضه قرار دارند. دره های باریک در قسمت شرق پراکنده شده اند.



شکل ۷: نقشه پراکنش انواع سیمای زمین در حوزه آبخیز بختیاری

بحث و نتیجه گیری:

حوزه آبخیز بختیاری طیف وسیعی از اشکال مختلف سیمای زمین را در خود دارد که در نتیجه تنوع فیزیوگرافی قابل توجهی ایجاد شده است. نقشه کلاس‌های سیمای زمین و تنوع فیزیوگرافی ابزار جدیدی هستند که جنبه‌های مرتبط با ناهمگونی محیط زیست را مشخص می‌کنند تاکنون بیشتر مطالعات مرتبط در خصوص تهیه نقشه لندفرم‌ها با استفاده از توانمندی نرم افزارهای ENVI یا Arc/Gis صورت گرفته است اما در این تحقیق سعی شده است که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم افزار گوگل ارث انجین این امر صورت گیرد. این پایگاه اطلاعاتی، یک پلتفرم سازگار و جامع برای برنامه‌ریزی سازگاری با اقلیم در مقیاس محلی تا منطقه‌ای و ملی را فراهم می‌کند. برنامه‌ریزی سازگاری با آب و هوا احتمالاً شامل پیگیری استراتژی‌های متعدد خواهد بود از جمله اینکه چگونه شکل‌های زمین و تنوع فیزیوگرافی می‌توانند از چنین تلاش‌هایی به‌ویژه حفاظت از ویژگی‌های کلیدی اکوسیستم، حمایت از پتانسیل تکاملی و حفاظت از پناهگاه‌ها خبر دهند. در واقع، تحقیقات آینده استفاده از متغیرهای فیزیوگرافیک و اشکال مختلف زمین را برای برنامه‌ریزی سازگاری آب و هوا، به ویژه برای ارزیابی شاخص‌ها و مجموعه داده‌های موجود، و مقایسه و ارزیابی

شکاف‌های داده‌ها، بیشتر بررسی کند. نتایج تحقیق با مطالعات برایان و همکاران (۱۹۹۸) مطابقت دارد. از آنجا که مطالعات آنان نیز نشان داد استفاده از طبقه‌بندی خودکار لندفرم‌ها و انتخاب پارامترهای زمین را به راحتی می‌توان در مناطقی که دارای توپوگرافی و ژئومورفولوژی مشابه هستند مورد آزمایش قرار داد.

نتایج نشان داد که ۸ نوع لندفرم به نام‌های خط الراس / قله، کوه‌ها، صخره و پرتگاه، اراضی تپه‌ای و دشت‌های ناهموار، دشت‌های دامنه‌ای، دشت‌های آبرفتی کنار رودخانه، آبراهه‌ها و دره‌های باریک در منطقه شناسایی شد. همچنین با توجه به نتایج مشخص شد که بیشترین مساحت منطقه را دشت‌های دامنه‌ای و دشت‌های ناهموار در بر گرفته‌اند. لندفرم آبراهه در تمامی منطقه توزیع شده است که با نتایج تحقیق مکرم و نگهبان (۱۳۹۳) مطابقت دارد. منطقه مورد مطالعه از لحاظ ساختاری در کمربند چین خورده - رانده زاگرس و در زیر زون زاگرس مرتفع قرار دارد. در این منطقه انحراف آبراهه‌ها و دره‌های جوان و V شکل حاصل از فعالیت تکتونیک جنبه، بواسطه عملکرد فعالیت گسل‌های اصلی (کوه‌رنگ، زردکوه) و فرعی (گسل‌های شاخه‌ای) به وجود آمده‌اند. جاری بودن تقریباً همیشگی آب رودخانه‌ها، منجر به تشکیل دره‌های جوان بزرگی شده است که از زمین‌های مسطح به سمت کوه‌ها، جوان‌تر و پرشیب‌تر می‌شوند. در ارتفاعات پایین منطقه به علت فرایندهای تکتونیکی، فرسایش و مقدار آب زیاد، دره‌ها به صورت دره‌های مئاندری می‌باشند. در بین دره‌ها، دره‌های گسلی، دره‌های که در اثر عملکرد گسل و پهنه‌های گسلی منحرف یا جابه‌جا شده‌اند نیز وجود دارند.

منابع :

1. Camalan, S., Cui, K., Pauca, V.P., Alqahtani, S., Silman, M., Chan, R., Plemmons, R.J., Dethier, E.N., Fernandez, L.E., & Lutz, D.A. (2022). Change Detection of Amazonian Alluvial Gold Mining Using Deep Learning and Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing*, 14.
2. Fatholouloumi, S., Firozjaei, M.K., Li, H., Biswas, A., 2022. Surface biophysical features fusion in remote sensing for improving land crop/cover classification accuracy. *Sci. Total Environ.* 838, 156520.
3. Fekri, E., Latifi, H., Amani, M., Zobeidinezhad, A., 2021. A Training Sample Migration Method for Wetland Mapping and Monitoring Using Sentinel Data in Google Earth Engine. *Remote Sens. (Basel)* 13, 4169. (In Parsian)
4. Gomez, C., White, J.C., Wulder, M.A., 2016. Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 116, 55–72.
5. Loro., M, Ros, M. and ArceEmilio., O. (2017), Identification of optimal landforms to reduce impacts on the landscape using LiDAR for hosting a new highway, *Environmental Impact Assessment Review*, Vol 66, pp 99-114.
6. Karam, A, Raiti-Shavazi, M., Ghaffarian-Malmiri, H., Sepehr, A., 2018, Analysis of spatial-temporal changes in landforms and land use in desertification of Yazd-Ardakan plain using maximum likelihood algorithm, *Journal of Geography of Environmental Hazards*, No. 25, pp. 17-36. (In Parsian)
7. Liu, H., Gong, P., Wang, J., Clinton, N., Bai, Y.Q., Liang, S.L., 2020. Annual dynamics of global land cover and its long-term changes from 1982 to 2015. *Earth Syst. Sci. Data* 12, 1217–1243.
8. Makram, M., 2014, Classification of landforms using Topographic Position Index (TPI) (Case study: Southern region of Darab County), *Scientific-Research Quarterly Journal of Geographic Information (Sepehr)*, Volume 23, No. 92, pp. 1-10. (In Parsian)
9. Peng, K., Jiang, W., Hou, P., Wu, Z., Ling, Z., Wang, X., Niu, Z., Mao, D., 2023. Continental-scale wetland mapping: A novel algorithm for detailed wetland types classification based on time series Sentinel-1/2 images. *Ecol. Ind.* 148, 110113.
10. Razi, M., Athappilly, K., 2005. A comparative predictive analysis of neural networks (NNs), nonlinear regression and classification and regression tree (CART) models. *Expert Syst. Appl.* 29 (1), 65–74. (In Parsian)
11. Shayan, S., Yamani, M., Farajzadeh, M, Ahmadabadi, A. 2012, Supervised classification of geomorphological landforms in arid regions using geomorphometric parameters (case study: Maranjab region), *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*, Volume 4, Issue 2, pp. 1-26. (In Parsian)
12. Shekaribadi, A., Amir Ahmadi, A., Mokhtari, L., Jamalabadi, J. 2014, Automatic classification of landforms (ACL) with two models of terrain attributes (TA) and topographic position index (TPI) in the northeastern slopes of Karkas-Kuh heights of Natanz and Kashan, *Journal of Quantitative Geomorphological Research*, Volume 12, Issue 2, pp. 165-148. (In Parsian)
13. Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., Brisco, B., 2020. Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 164, 152–170.
14. Waldner, F., Canto, G.S., Defourny, P., 2015. Automated annual cropland mapping using knowledge-based temporal features. *ISPRS J. Photogramm.*

Remote Sens. 110, ۱-13.

15. Wellmann, T., Lausch, A., Andersson, E., Knapp, S., Cortinovis, C., Jache, J., Scheuer, S., Kremer, P., Mascarenhas, A., Kraemer, R., Haase, A., Schug, F., Haase, D., 2020. Remote sensing in urban planning: Contributions towards ecologically sound policies? *Landsc. Urban Plan.* 204, 103921.
16. Xiong, J., Thenkabail, P., Tilton, J., Gumma, M., Teluguntla, P., Oliphant, A., Congalton, R., Yadav, K., Gorelick, N., 2017b. Nominal 30-m cropland extent map of continental Africa by integrating pixel-based and object-based algorithms using sentinel-2 and Landsat-8 data on google earth engine. *Remote Sens. (Basel)* 9 (10), 1065.
17. Yang, J., Huang, X., 2021. The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019. *Earth Syst. Sci. Data* 13, 3907-3925.
18. Zhang, X., Liu, L., Chen, X., Gao, Y., Xie, S., Mi, J., 2021. GLC_FCS30: global land-cover product with fine classification system at 30 m using time-series Landsat imagery. *Earth Syst. Sci. Data* 13, 2753-2776.

Application of Google Earth Engine system in identifying landforms (Case study: Bakhtiari watershed)

Elham Ghasemi Ziarati^۱, Maryam Ilanlou^{۲*}

Abstract:

A landform is a feature or feature of the earth that has been formed by natural processes in a way that can be described and defined by characteristic features; and if identified, this landform provides information about its structure along with its composition, texture, or integrity. The existence of landforms and their diversity is mainly controlled by changes in the shape and location of the land. Therefore, it is necessary to classify and identify different areas according to their morphometric characteristics. The aim of this research was to identify landforms in the Bakhtiari watershed using the Google Earth Engine system. This research was qualitative in terms of data. In this research, Landsat satellite images were used to extract landforms in the Google Earth Engine system. For this purpose, the Globa ALOS tool was used in Google Earth Engine to prepare the landforms of the region, in which the ALOS Landform dataset provides landform classes that are created by combining the Continuous Heat Load Index (ALOS CHILI) and the Multi-scale Topographic Position Index (ALOS MIPI). The results showed that there are 8 types of landforms in the region, namely ridges/peaks, mountains, cliffs and precipices, hilly and rugged plains, slope plains, riverine alluvial plains, waterways and narrow valleys. Also, according to the results of the final map, most of the area of the region is covered by slope plains and rugged plains. The waterway landform is distributed throughout the region.

Keywords: Remote sensing, satellite imagery, land cover, landform classes, Bakhtiari watershed.

^۱ PhD student, Faculty of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, field: Environmental Sciences and Engineering ghasemielham2023@gmail.com

^۲ Assistant Professor, Department of Geography, Mahshahr Branch, Islamic Azad University, Mahshahr, Iran (corresponding author) maryamilanloo@yahoo.com