حساسیت لندفرم‌های نواحی بیابانی به پاکوب با استفاده از عکاسی دیجیتال و مدل xgboost (مطالعه موردی چاله مسیله قم)

امیر مرادی: *دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران*
شیرین محمدخان*: *دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران*
مهران مقصودی: *دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران*
منصور جعفربیگلو: *دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران*

مقاله پژوهشی
تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۱)

چکیده

فعالیت‌های انسان و تأثیر آنها در تغییر چهرهٔ زمین بسیار متنوع است؛ به همین دلیل، از دیدگاه‌های گوناگونی می‌تواند بررسی شود. حرکت انسان در طبیعت ممکن است به تغییر چهرهٔ لندفرم‌ها، تغییرات میزان فرسایش و اثرات مخرب بر پوشش گیاهی و جانوران منجر شود؛ به ویژه در محیط‌های حساس بیابانی این مسئله اهمیت بیشتری دارد. در این تحقیق تلاش شده‌است میزان حساسیت لندفرم‌های مختلف، نسبت به پاکوب انسانی در نواحی بیابانی دریاچهٔ نمک قم و اطراف آن بررسی شود. به این منظور با استفاده از نقشهٔ ژئومورفولوژی، سیزده نمونه از لندفرم‌های مختلف انتخاب و با استفاده از دوربین عکاسی، قبل و بعد از ۲۵ گذر پاکوب عکس‌برداری شد. عکس‌های قبل و بعد نیز در نرم‌افزار ArcMAP، نسبت به هم ثبت هندسی شد. چهارده ویژگی بافت تصویر متشکل از سطوح خاکستری، تصویر فقدان مشابهت و ماتریس همزمانی سطح خاکستری (GLCM) برای هر کدام از پیکسل‌ها استخراج و استفاده شد. با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون و مدل ایکس جی بوست، به آموزش ماشین و اجرای مدل بر روی کل پیکسل‌های تصویر پرداخته شد. نتایج این تحقیق نشان داد که ویژگی‌های انحراف معیار تصویر فقدان مشابهت، میانگین تصویر فقدان مشابهت، انحراف معیار تصویر تضاد ماتریس همزمانی و میانگین تصویر همبستگی ماتریس همزمانی، مهم‌ترین ویژگی‌ها در شناسایی و آشکارسازی تغییرات است. همچنین کمترین حساسیت نسبت به پاکوب، مربوط به لندفرم‌های زمین شخم خورده و ستون‌های گلی است که مخلوطی از گل و نمک با سطحی بسیار ناهموار می‌باشد. لندفرم‌های ماسه‌ای، بیشترین میزان تغییرات را نشان می‌دهد؛ با این حال، تفاوت تغییرات در ماسه‌های متحرک با سایر لندفرم‌های ماسه‌ای زیاد است.

واژگان کلیدی: ایکس جی بوست، بیابان، پاکوب، چالهٔ مسیلهٔ قم، یادگیری ماشین.

* نویسنده مسئول: Mohamadkh@ut.ac.ir

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

۱ـ مقدمه

اگرچه توجه به نقش انسان در ژئومورفولوژی تازگی ندارد (Goudie, 2020)، این مسئله با توسعهٔ فعالیت‌های انسان و افزایش جمعیت، هر روز ابعاد تازه‌ای به خود می‌گیرد. امروزه حتی ساده‌ترین فعالیت‌های انسان مانند راه رفتن نیز می‌تواند پیامدهای مخربی داشته باشد. راه رفتن که با عنوان پاکوب شناخته می‌شود، اجرای فشار در اثر عبور عوامل بیولوژیکی بر رسوبات و باقی اجزایی است که در محل وجود دارد (Blasco et al, 2008). پاکوب ممکن است با هدف اقتصادی، گردشگری، نظامی و غیره انجام شود؛ با این حال، با هر انگیزه‌ای که باشد می‌تواند به تغییر در فراوانی و غنای پوشش گیاهی (Jägerbrand and Alatalo, 2015)، افزایش رواناب و تراکم خاک (Yaşar Korkanç, 2014 & Kissling et al, 2009)، تغییرات فرسایش (Boelhouwers and Scheepers, 2004)، تهدید جوامع زیستی به‌صورت مستقیم با کاهش میزان جانوران (Casu et al, 2006) یا به صورت غیرمستقیم به تخریب زیستگاه آنها (Plicanti et al, 2016 & Lucrezi et al, 2009) منجر شود. همچنین به‌دلیل محدودیت در پوشش گیاهی، شکل‌های زمین در محیط‌هایی مانند نواحی بیابانی بیش از نواحی معتدل قابل مشاهده‌است؛ از این رو، زیبایی مناظر به جای پوشش گیاهی به شکل‌های زمین بستگی دارد (Dluzewska, 2014)؛ به همین دلیل، اثر پاکوب بر تخریب لندفرم‌ها می‌تواند جاذبه‌های ژئومورفولوژی این نواحی را تحت‌تأثیر قرار دهد. به‌علاوه، هنگامی‌که پوسته‌های بیولوژیکی و فیزیکی خرد می‌شود، ساختار خاک از بین می‌رود، سنگ‌ها به زیر سطح رانده می‌شود، سطح لندفرم‌ها آشفته می‌شود و با کاهش شدید آستانهٔ سرعت برشی، آسیب‌پذیری آنها در برابر فرسایش بادی به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد (Belnap et al, 2007). از طرفی، با بلند شدن ذرات خاک هنگام پاکوب حتی باد ملایم نیز می‌تواند به فرسایش بادی منجر شود (Marzen et al, 2019)؛ با این وجود، همهٔ لندفرم‌های بیابان به میزان یکسانی در برابر پاکوب حساس نیستند و در همهٔ بیابان‌ها، مناطقی وجود دارد که نسبت به سایر نواحی در برابر پاکوب مقاوم‌تر است (Dluzewska, 2014). میزان خسارت‌های پاکوب، به تعداد افراد (Keane et al, 1979) و حساسیت محیط بستگی دارد؛ بنابراین، نیاز زیادی برای درک نرخ‌ها و مکانیسم‌های پاسخ لندفرم احساس می‌شود (Goudie, 1993). اما تعیین حساسیت لندفرم‌ها به ابزارهای دقیق، زمان و هزینهٔ زیادی نیاز دارد؛ در حالی که استفاده از عکاسی در پایش میزان تغییرات لندفرم‌ها می‌تواند به صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها منجر شود؛ به همین دلیل، استفاده از تصاویر و تکنیک‌های تشخیص تغییر در علوم مربوط به زمین کاربرد بسیاری دارد (Bruzzone and Prieto, 2002).

تحقیقاتی که تاکنون دربارهٔ پاکوب انجام شده، به طور کلی بر دو رویکرد استوار است. رویکرد اول، روش آزمایشی است؛ یعنی قطعات کوچک دست‌نخورده‌ای در محدودهٔ مطالعه انتخاب و با توجه به الزامات آزمایش پاکوب شد. روش دوم، شامل ایجاد مشاهدات طولانی‌مدت از مسیرهایی است که پاکوب شده‌اند (Yuejin et al, 2022). مسئله پاکوب در علوم مختلف قابل توجه قرارگرفته‌است. Gheza و همکاران (2018) با بررسی شصت نقطه در سراسر دشت و (شمال ایتالیا)، اثرات پاکوب کردن را در مقیاس کوچک بر پوشش گیاهی چمنزارهای مناطق خشک ــ که پوشیده از گلسنگ بودند ــ مطالعه کردند. پاکوب کردن، الگوهای گلسنگ‌ها را تحت‌تأثیر قرار نداد، ولی بر میزان رواناب در حاشیهٔ گلسنگ‌ها تأثیر گذاشت. غنای گونه‌های گلسنگ نیز با افزایش پوشش گیاهان آوندی رابطهٔ منفی داشت. به طور معمول، محققان می‌کوشند حساسیت مناطق نسبت به پاکوب را دربارهٔ ویژگی‌های طبیعی منطقه بررسی کنند.

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

مطالعهٔ Veiga و همکاران (2023) در سواحل شمال غربی پرتقال، به تأثیر کوتاه مدت پاکوب انسان در شدت‌های مختلف بر روی صدف‌های ساحل پرداخت و از نتایج آن، برای مدیریت آن نواحی استفاده شد. Li و همکاران (2023) نیز تغییرات را در ویژگی‌های عملکردی و تنوع علفزارهای آلپی با یک روش کوتاه مدت بررسی کردند. نتیجهٔ این مطالعه نشان داد که لگدمال کردن بر ویژگی‌های عملکردی تأثیر همیشگی نداشت، اما بر کاهش ارتفاع گونه‌ها اثر قوی داشت؛ به خصوص اثرات پایمال کردن در علفزارهای نیمه خشک ـــ که تغییرات بارش زیادی دارد ـــ در زمان کمبود بارش بسیار بیشتر بود (Liu et al, 2023). Wu و همکاران (2020)، تغییرات زبری ناشی از پاکوب کردن گوسفندان را در سطح خاک‌هایی که از بقایای زیستی پوشیده شده بود، در زمین‌های ماسه‌ای مو آس در شمال چین بررسی کردند. آنها در این تحقیق، شاخص زبری را با روش زنجیر به‌دست آوردند و آنها را به همراه چند شاخص دیگر به‌وسیلهٔ آزمون‌های آماری و آنالیز واریانس تجزیه و تحلیل کردند. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد که تخریب لایهٔ زیستی و کاهش مقاومت برشی، با افزایش پاکوب کردن به‌صورت نمایی افزایش می‌یابد و حساسیت زبری را نسبت به تغییرات مقاومت در برابر فشار به طور قابل توجهی نشان می‌دهد. افزایش زبری، بر عملکردهای اکولوژیکی و هیدرولوژیکی خاک تأثیرات مثبت و منفی دارد. در تحقیقی دیگر مشخص شد که پایمال کردن دام، به کاهش شدید کربن خاک منجر می‌شود و می‌تواند به واسطهٔ زبری و پوشش زیستی، سطح میزان تبادل کربن خاک را تنظیم کند (Wu et al, 2023).

تحقیقاتی که در ایران با موضوع بررسی پاکوب انجام شده‌است، به چند مقاله و پایان‌نامه محدود می‌شود.

Asghari and Abdulhosseinzadeh Nemin (2019)، تأثیر گردشگری را بر خواص فیزیکی و هیدرولوژیکی خاک جنگل فندق لو اردبیل بررسی کرد. آنها با رویکرد آزمایشگاهی به این نتیجه رسیدند که پاکوب شدید انسان، کیفیت فیزیکی و هیدرولوژیکی خاک جنگل را کاهش می‌دهد. Ajurlo و همکاران (2018) با استفاده از شاخص‌های سیمپسون، شانون ـــ وینر و منهینگ، تأثیر پاکوب گله‌ها را بر جوانه‌زنی بانک بذر در خاک مراتع دره شهر بررسی کردند. نتیجهٔ این کار نشان داد که میزان این شاخص‌ها در مراتع بدون پاکوب نسبت به خاک پاکوب شده بیشتر بود که می‌توان از آنها در تفسیر تغییرات پوشش گیاهی و نحوهٔ مدیریت آنها استفاده کرد. در پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد دیگر، Heydari (2018) با استفاده از روش نمونه‌برداری و سنجش شاخص‌های مختلف خاک، تأثیر پاکوب گردشگران را در مناطق تفرجگاهی پارک جنگلی قرق بررسی کرد و به این نتیجه رسید که بین شاخص‌های برداشت‌شده در مناطق پاکوب شده با سایر مناطق، اختلاف معنی‌داری وجود دارد که از این نتیجه می‌توان در مدیریت مناطق گردشگری و حفاظت از خاک استفاده کرد.

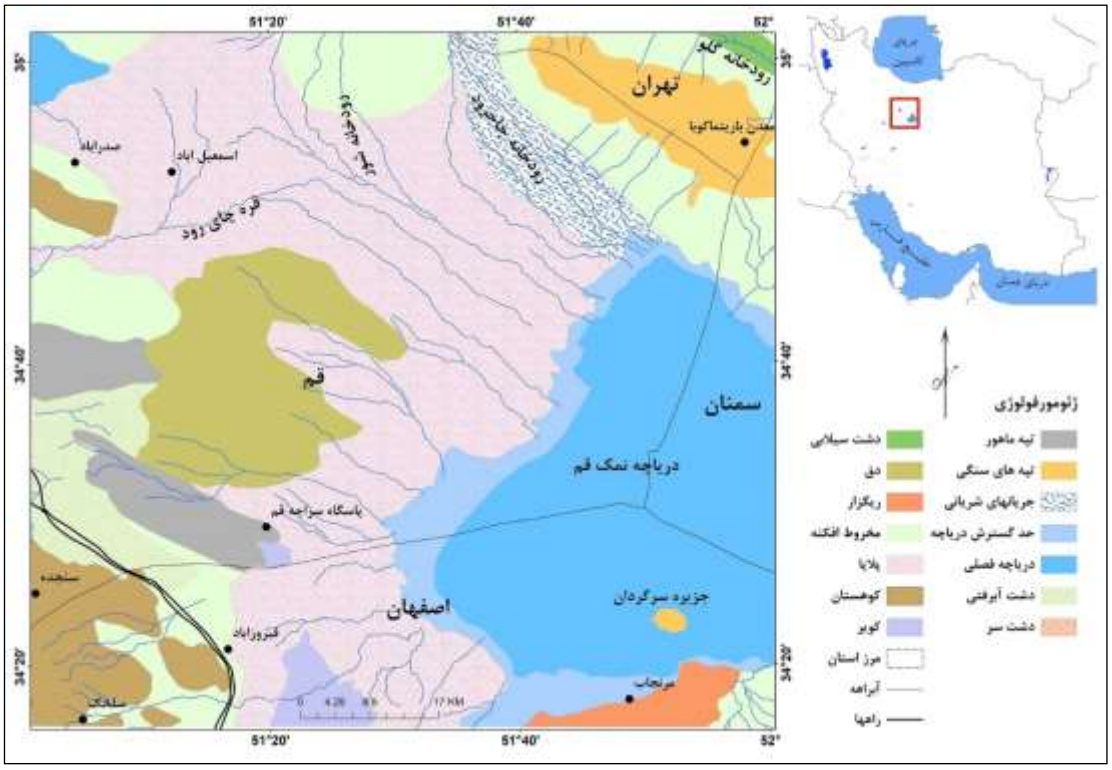
چالهٔ مسیله بخشی از نواحی بیابانی کشور است که به دلایل مختلف توسط انسان مورد پاکوب قرار می‌گیرد. فعالیت‌های اقتصادی مانند برداشت پتاسیم، منیزیم و مواد دیگر از بستر دریاچهٔ نمک، به پاکوب شدن قسمت وسیعی از کف دریاچه منجر شده‌است. مناطق گردشگری مانند مرنجاب در جنوب منطقه نیز توسط گردشگران و آفرود سواران پاکوب می‌شود. فعالیت‌ها و برگزاری مانورهای بزرگ نظامی، مناطقی را که جاذبهٔ اقتصادی یا گردشگری ندارد، مورد پاکوب قرار می‌دهد؛ با این حال، هنوز اطلاعات دقیقی از مناطق حساس به پاکوب وجود ندارد. بنابراین، تحقیق حاضر

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

می‌کوشد با استفاده از یک روش کم‌هزینه و سریع، حساسیت لندفرم‌های مختلف بیابان را نسبت به پاکوب بررسی کند؛ چراکه درک حساسیت لندفرم‌ها برای استفاده و مدیریت نواحی بیابانی امری ضروری است.

۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه به‌طور عمده شامل چالهٔ مسیله است. مختصات جغرافیایی دریاچهٔ نمک به‌عنوان نقطهٔ شاخص در این چاله، عبارت از ′۳۰ °۳۴ عرض شمالی و ′۵۰ °۵۱ طول شرقی است. این منطقه در قسمت شمال غربی ناحیهٔ خشک و نیمه‌خشک فلات ایران قرار دارد. بارش کم (تقریباً ۱۵۰ میلی‌متر در سال)، پوشش گیاهی ناچیز و شوری، چشم‌انداز مناطق خشک را به‌خوبی تداعی می‌کند. چهرهٔ زمین در منطقهٔ مورد مطالعه شامل مخروط افکنه‌ها، پلایاها، مسیل‌ها و کویرها است. از نظر سیاسی نیز این منطقه بین چهار استان تهران در شمال، قم در غرب، سمنان در شرق و اصفهان در جنوب واقع شده‌است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

۳ـ مواد و روش

۳ـ۱ـ مواد و داده‌ها

در تحقیق حاضر از مواد، داده‌ها و ابزارهای متنوعی در مراحل مختلف تحقیق استفاده شد. نقشهٔ ژئومورفولوژی منطقهٔ مورد مطالعه، در نرم‌افزار ArcGIS 10.8 و با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی ۱۲.۵ متر، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، تصاویر گوگل ارث، تصاویر ماهوارهٔ سنتینل ۱ اوپتیک و داده‌های هیدرولوژی تهیه و ترسیم شد.

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

داده‌های میدانی در عملیات صحرایی با استفاده از دوربین عکاسی، سه پایه، GPS و پلات برداشت شد. برای آماده‌سازی داده‌ها از نرم‌افزارهای ArcMap، SNAP و برای اجرای مدل و ترسیم نمودارها و خروجی‌ها، از محیط برنامه‌نویسی python 3.10 استفاده شد.

روش تحقیق

در این تحقیق، ابتدا عوارض ژئومورفولوژی منطقهٔ مورد مطالعه تشخیص داده شد و نقشهٔ اولیهٔ ژئومورفولوژی منطقه با استفاده از نقشه‌ها و داده‌های پایه ترسیم شد و در بازدیدهای میدانی، تشخیص‌های اولیه بررسی و اصلاحات لازم انجام شد (شکل ۲). سپس سیزده لندفرم در موقعیت‌های مختلف منطقه انتخاب و مختصات آنها به جی پی اس وارد شد. برای مقایسهٔ تغییرات در لندفرم‌های مشابه، تلاش شد وجود لندفرم‌های همجنس در نمونه‌ها قابل توجه قرار گیرد. سپس با استفاده از رهگیری مختصات‌ها در جی پی اس، نقاط بر روی زمین پیدا شد، سپس محدوده‌ای دست نخورده در لندفرم مورد نظر انتخاب و با استفاده از چهار میخ و طناب سفید مشخص شد. با استقرار دوربین عکاسی در موقعیت مناسب، عکسی از محدودهٔ مورد نظر گرفته شد و محدودهٔ مشخص شده با ۲۵ گذر پاکوب شد و بعد از آن، عکس دوم گرفته شد.

برای به حداقل رساندن خطاهای مربوط به تصاویر، تلاش شد تمام شرایط برای عکس‌های قبل و بعد از پاکوب یکسان باشد؛ با این حال، برخی عوامل مانند تغییرات نور، طول سایه‌ها و لرزش جزئی دوربین می‌تواند روی خطای تصاویر اثرگذار باشد. برای آماده‌سازی تصاویر برای پایش تغییرات لازم است تصاویر نسبت به یکدیگر ثبت هندسی و منطبق شود؛ بدین منظور، با استفاده از ابزار ژئورفرنسینگ در جی آی اس ۲۵، نقطهٔ مشخص در هر دو تصویر انتخاب و تصاویر با یکدیگر منطبق شد. سپس چهارده ویژگی از هر تصویر به شرح زیر استخراج شد. تصاویر قبل و بعد از پاکوب، با استفاده از روش وزنی به سطوح خاکستری تبدیل شد.

رابطهٔ ۱ سطح خاکستری وزنی تصویر = $0.299R + 0.587G + 0.114B$

در این رابطه، مجموع باندهای قرمز (R)، سبز (G) و آبی (B) با توجه به وزن آنها در درخشندگی، یک تصویر خاکستری را تشکیل می‌دهد. این رابطه برای درک بصری انسان از روشنایی تصویر طراحی شده‌است (Kanan and Cottrell, 2012).

با استفاده از تصاویر خاکستری به دست آمده، تصویر فقدان مشابهت برای پیکسل‌های همسایگی ۵×۵ و با استفاده از رابطهٔ زیر به دست آمد:

رابطهٔ ۲

$$SSD_{(x,y)} = \|f1 - f2\|^2$$

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

در این رابطه، SSD میانگین فقدان تشابه برای پیکسل‌های همسایگی N × N است. f1 و f2 بردارهای سطوح خاکستری پیکسل‌ها در پنجرهٔ N × N است که به ترتیب در مرکز پیکسل (x, y) در تصویر اول و دوم قرار دارد (Wang, 2016 & Nishiguchi and Nomura, 2009).

سپس ماتریس همزمانی سطح خاکستری (GLCM) که برای محاسبهٔ ویژگی‌های بافت تصاویر به کار می‌رود (Haralick et al, 1973)، محاسبه شد و میانگین و انحراف معیار برای ویژگی‌های بافت مربوط به تضاد و همگنی تصاویر، ویژگی‌های مربوط به نظم مانند آشفتگی تصاویر و ویژگی‌های آماری مانند همبستگی به دست آمد. به این ترتیب، برای هر نمونه چهارده ویژگی مشخص شد (جدول ۱).

جدول ۱: ویژگی‌های مورد استفادهٔ تصاویر برای هر نمونه

ویژگی‌ها	نشانه‌ها
سطح خاکستری تصویر قبل از پاکوب	grMst
سطح خاکستری تصویر بعد از پاکوب	grSlv
تصویر فقدان مشابهت	Dss
انحراف معیار محلی تصویر فقدان مشابهت	stDss
میانگین محلی تصویر فقدان مشابهت	mDss
انحراف معیار محلی کنتراست ماتریس همزمانی	stCon
میانگین محلی کنتراست ماتریس همزمانی	mCon
انحراف معیار محلی همبستگی ماتریس همزمانی	stCor
میانگین محلی همبستگی ماتریس همزمانی	mCor
انحراف معیار محلی انرژی ماتریس همزمانی	stEng
میانگین محلی انرژی ماتریس همزمانی	mEng
انحراف معیار محلی همگنی ماتریس همزمانی	stHom
میانگین محلی همگنی ماتریس همزمانی	mHom
تصویر آشفتگی	Entp

(Wang et al, 2015).

در مرحلهٔ بعدی، تعدادی از پیکسل‌های تصاویر به عنوان محدوده‌های تغییریافته و بدون تغییر انتخاب شد و با وارد کردن چهارده ویژگی برای هر پیکسل، داده‌ها برای شرکت در اجرای مدل XGBoost [1] آماده شد.

1 Extreme Gradient Boosting

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

جدول ۲: مشخصات آماری پیکسل‌های انتخاب شده برای معرفی به مدل

نمونه	لندفرم	پیکسل‌های دارای تغییر		پیکسل‌های بدون تغییر		کل پیکسل‌های نمونه		تعداد کل پیکسل-های تصویر
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
۱	مخروط افکنهٔ ۱ جدید	۲۵۰۰۰۰	۵۰	۲۵۰۰۰۰	۵۰	۵۰۰۰۰۰	۲/۱	۲۳۷۲۱۲۸۵
۲	مخروط افکنهٔ ۲ قدیمی	۱۷۰۶۱۲	۵۱/۲	۱۶۲۴۴۳	۴۸/۸	۳۳۳۰۴۶	۱/۴	۲۴۰۴۶۰۱۰
۳	سطوح ماسه‌ای	۱۵۰۰۰۰	۵۷/۲	۱۱۲۳۳۸	۴۲/۸	۲۶۲۳۳۸	۱/۱	۲۳۹۷۹۹۰۰
۴	ارگ	۱۶۷۶۰۶	۴۸/۹	۱۷۵۳۲۶	۵۱/۱	۳۴۲۹۳۲	۱/۴	۲۳۹۶۲۰۱۰
۵	پدیمنت	۸۷۷۳۸	۳۲/۱	۱۸۵۵۶۳	۶۷/۹	۲۷۳۳۰۱	۱/۱	۲۴۰۰۳۹۹۶
۶	شکوفهٔ نمکی	۱۱۸۲۲۰	۳۷/۲	۲۰۰۰۰۰	۶۲/۸	۳۱۸۲۲۰	۱/۳	۲۴۰۴۰۰۱۴
۷	ستون گلی	۷۳۵۰۹	۳۲/۹	۱۵۰۰۰۰	۶۷/۱	۲۲۳۵۰۹	۰/۹	۲۴۰۵۰۰۱۱
۸	زمین شخم خورده	۲۳۳۲۴	۱۸/۹	۱۰۰۰۰۰	۸۱/۱	۱۲۳۳۲۴	۰/۵	۲۴۰۴۷۹۲۸
۹	منطقهٔ مرطوب	۱۳۰۵۰۱	۴۷/۵	۱۴۴۴۶۵	۵۲/۵	۲۷۴۹۶۶	۱/۱	۲۴۰۴۹۹۴۹
۱۰	سطوح پف‌کردهٔ ۱	۱۰۲۹۹۰	۳۲/۷	۲۱۲۳۶۰	۶۷/۳	۳۱۵۳۵۰	۱/۳	۲۴۰۸۴۰۰۶
۱۱	سطوح پف‌کردهٔ ۲	۱۵۵۸۱۲	۴۳/۴	۲۰۳۴۶۸	۵۶/۶	۳۵۹۲۸۰	۱/۵	۲۳۹۸۷۷۴۹
۱۲	تپه ماسه‌ای فعال	۱۰۵۳۹۵	۳۳/۵	۲۰۹۶۶۰	۶۶/۵	۳۱۵۰۵۵	۱/۴	۲۲۲۴۹۳۱۸
۱۳	کفهٔ رسی	۸۳۸۲۰	۳۷/۳	۱۴۱۰۷۰	۶۲/۷	۲۲۴۸۹۰	۰/۹	۲۳۴۸۴۱۳۲
میانگین	-	۱۲۴۵۷۹	۴۰/۲	۱۷۲۸۲۲	۵۹/۸	۲۹۷۴۰۱	۱/۲	۲۳۸۵۱۲۵۷

ایکس جی بوست، کالبدی در زمینهٔ یادگیری ماشین است که از زبان‌های برنامه‌نویسی از جمله پیاتون پشتیبانی می‌کند (Nokeri, 2022). این الگوریتم جزو الگوریتم‌های مبتنی بر درخت (GBT[1]) است که شبیه به جنگل تصادفی است و از تکنیکی به نام boosting برای ایجاد یک یادگیرندهٔ قوی، از بهبود خطاها در درختان ضعیف استفاده می‌کند (Quinto, 2020). محبوبیت فزایندهٔ XGBoost تا حد زیادی به دلیل موفقیت بی‌نظیر آن در مسابقات Kaggle است. در این مسابقات، رقبا در تلاش برای اجرای بهترین پیش‌بینی‌ها و برنده شدن جوایز نقدی، مدل‌های یادگیری ماشینی را می‌سازند (Wade, 2020).

در اجرای مدل، ۷۵ درصد از پیکسل‌ها به عنوان داده‌های آموزشی و از ۲۵ درصد باقی به عنوان داده‌های آزمایشی استفاده شد. برای دستیابی به نتایج بهتر، بهینه‌سازی فرا پارامترهای مدل با اعتبارسنجی متقابل با روش k-Fold بر روی داده‌های آموزشی اجرا شد. در این روش، داده‌های آموزشی به k بخش تقسیم شد و مدل با k-1 بخش آموزش دید و نتیجه بر روی بخش باقی‌مانده آزمایش شد. سپس این فرایند تکرار شد تا از تمام بخش‌ها در آموزش و آزمایش مدل استفاده شود.

پس از آموزش مدل و بهبود کارایی آن، پیکسل‌های محدودهٔ پاکوب شده به عنوان دادهٔ آزمایشی به مدل معرفی شد. پیش‌بینی‌های مدل برای پیکسل‌های محدودهٔ پاکوب شده، یک لایه رستری با ارزش‌های صفر برای پیکسل‌های

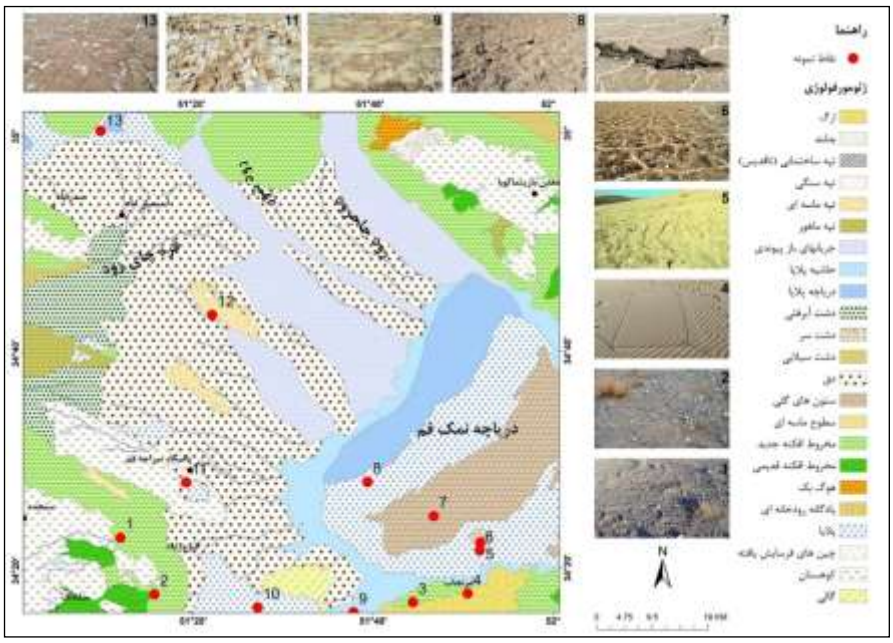
[2] Gradient-Boosted Tree

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

بدون تغییر و ارزش یک برای پیکسل‌های تغییریافته است. نسبت پیکسل‌های تغییر یافته به پیکسل‌های بدون تغییر به عنوان میزان تغییر در نظر گرفته شد.

۴ـ یافته‌ها (نتایج)

چهره ژئومورفولوژی منطقهٔ مورد مطالعه، به طور عمده از لندفرم‌های خاص نواحی بیابانی شکل گرفته‌است. منطقه به صورت یک چالهٔ بسته، در میان مناطق مرتفع محصور شده‌است. از کوهستان به طرف نقاط پست حوضهٔ انتهایی، مخروط افکنه‌های جدید و قدیمی، دشت سرها و تپه ماهورها بر روی دامنه‌ها و مناطق شیب‌دارتر وجود دارد. در مناطق هموار، بین دامنه و پلایا لندفرم‌هایی چون دشت‌های آبرفتی، جلگه‌های رسی، جریان‌های آبراهه‌ای و تپه‌های ماسه‌ای قرار دارد. با نزدیک شدن به نقاط پست منطقهٔ مورد مطالعه، لندفرم‌های متنوع و ویژهٔ نواحی بیابانی مانند پلایا، اشکال ماسه‌ای، سطوح پف‌کرده، لندفرم‌های نمکی، زمین‌های شخم خورده و غیره مشاهده می‌شود. بر این اساس، تلاش شده با استفاده از مدل مبتنی بر یادگیری ماشین، میزان تغییرات هر لندفرم در اثر پایمال کردن توسط انسان بررسی شود.



شکل ۲: نقشهٔ ژئومورفولوژی منطقه به همراه نقاط نمونه

نتایج مدل

نتایجی که از اجرای مدل ایکس جی بوست به منظور پایش تغییرات کمی لندفرم‌ها در اثر پایمال کردن انسان به دست آمده، به ترتیب زیر ذکر شده‌است.

فراپارامترها

برای جلوگیری از وقوع بیش برازش در مدل (Dahle et al, 2021)، فراپارامترها با استفاده از الگوریتم جستجوی شبکه برای هر نمونه استخراج شد. میزان دقت مدل در پیش‌بینی نمونه‌های آزمایشی، برای برخی از نمونه‌ها بعد از بهینه‌سازی فراپارامترها بهبود یافت و برای برخی دیگر، تغییر بسیار ناچیزی داشت (جدول ۳).

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

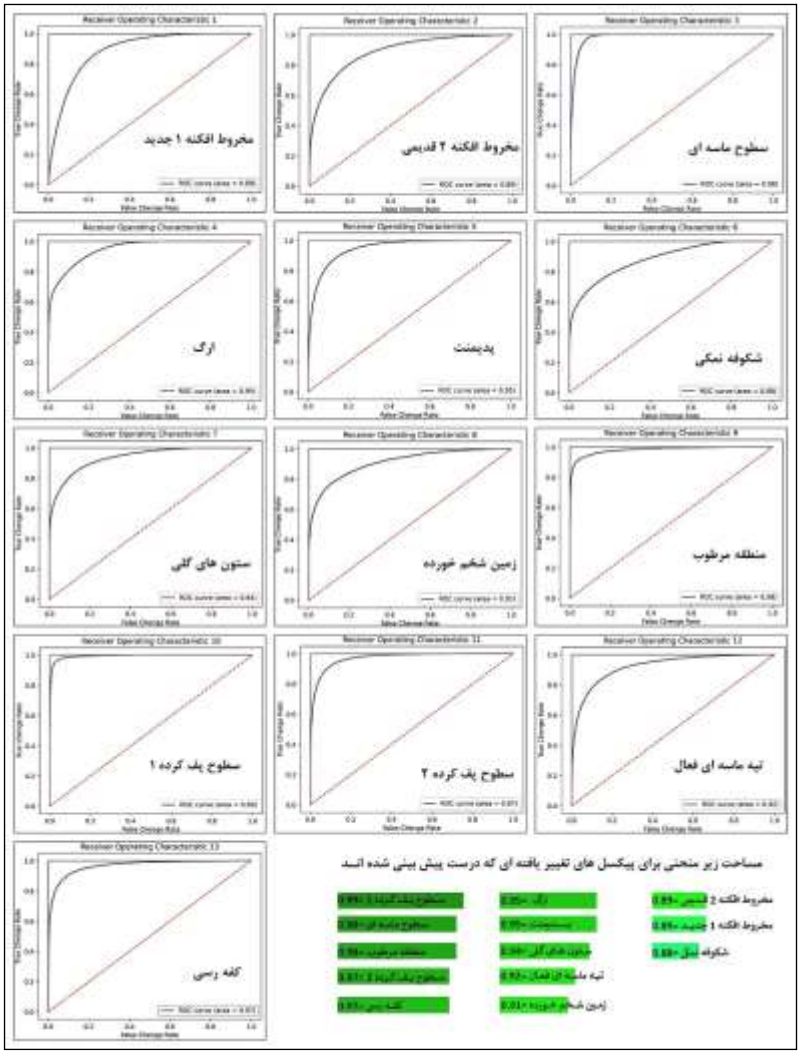
جدول ۳: فراپارامترهای بهینه‌سازی شده برای اجرای مدل

نمونه	دقت اولیه	دقت بعد از بهینه‌سازی	اختلاف دقت	colsample_bylevel	n_estimators	max_depth	learning_rate	colsample_bytree	subsample
۱	۷۹/۶۲	۸۱/۶۶	۲/۰۴	۰/۵	۵۰۰	۱۵	۰/۱	۰/۷	۰/۹
۲	۸۰/۵۴	۸۰/۵۶	۰/۰۲	۰/۸	۵۰۰	۶	۰/۲	۰/۷	۰/۵
۳	۹۴/۹۵	۹۵/۱۰	۰/۱۵	۰/۵	۷۵۰	۳	۰/۱	۰/۸	۰/۶
۴	۸۵/۸۵	۸۵/۸۳	-۰/۰۲	۰/۸	۷۵۰	۱۰	۰/۰۱	۰/۸	۰/۷
۵	۸۸/۲۳	۸۸/۲۴	۰/۰۱	۰/۷	۷۵۰	۱۰	۰/۱	۰/۵	۰/۵
۶	۸۲/۳۹	۸۲/۲۴	-۰/۱۵	۰/۷	۵۰۰	۶	۰/۲	۰/۸	۰/۷
۷	۸۷/۴۷	۸۷/۴۷	۰	۰/۹	۵۰۰	۶	۰/۲	۰/۸	۰/۷
۸	۹۰/۰۴	۹۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۶	۷۵۰	۶	۰/۱	۰/۵	۰/۸
۹	۹۳/۷۹	۹۳/۷۲	-۰/۰۷	۰/۵	۵۰۰	۱۵	۰/۱	۰/۵	۰/۶
۱۰	۹۶/۶	۹۶/۶۶	۰/۰۶	۰/۷	۷۵۰	۱۰	۰/۰۱	۰/۹	۰/۹
۱۱	۹۰/۹	۹۱/۰۶	۰/۱۶	۰/۶	۵۰۰	۱۰	۰/۱	۰/۶	۰/۶
۱۲	۸۵/۷۴	۸۵/۹۳	۰/۱۹	۰/۷	۷۵۰	۱۵	۰/۰۱	۰/۵	۰/۷
۱۳	۹۱/۰۴	۹۱	-۰/۰۴	۰/۵	۵۰۰	۶	۰/۲	۰/۷	۰/۷

ارزیابی کارایی مدل: عملکرد نسبی مدل با استفاده از ماتریس آشفتگی محاسبه می‌شود. ماتریس آشفتگی این امکان را فراهم می‌کند تا نتیجهٔ پیش‌بینی داده‌های آزمایشی به صورت مثبت و منفی واقعی، مثبت کاذب و منفی کاذب به طور دقیق تعیین شود (Paleczek et al, 2021). شکل ۳، منحنی‌های ویژگی عملکرد نسبی مدل (ROC)[1] و مساحت زیر منحنی (AUC)[2] را برای نمونه‌ها نشان می‌دهد. مساحت زیر منحنی ROC از نسبت پیش‌بینی‌های مثبت واقعی به پیش‌بینی مثبت کاذب به دست می‌آید و نشان می‌دهد که مدل برای نمونهٔ شمارهٔ ۱۰ با ۰/۹۹ بیشترین کارایی را دارد. کارایی نسبی مدل (ROC) برای نمونهٔ شمارهٔ ۶ با میزان ۰/۸۸ نیز کمترین کارایی را دارد (شکل ۳)؛ با این حال، تمام مقادیر از کارایی بسیار خوب مدل در تمام نمونه‌ها حکایت می‌کند.

[1] Receiver Operating Characteristic Curve
[2] Area Under The Curve

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]



شکل ۳: منحنی ROC و مساحت زیر آن AUC

مقدار RMSE برای نمونه‌ها (جدول ۴) نشـــان می‌دهد که در تمام نمونه‌ها، مقدار خطای میانگین مربعات کمتر از ۰/۵ اســت که دقت خوب مدل را در پیش‌بینی پیکســل‌های تغییریافته تأیید می‌کند. علاوه بر این، میانگین درصــد دقت برای نمونه‌ها با استفاده از k-۱۰ نشان می‌دهد که دقت مدل در هر نمونه، بیش از هشتاد درصد است. تقسیم‌بندی داده‌ها به ده بخش و اجرای مدل برای هر یک نشان می‌دهد که انحراف معیار دقت مدل در تمام نمونه‌ها، کمتر از ۰/۳۷ درصد است (جدول ۴).

جدول ۴: مقادیر خطای RMSE و میانگین و انحراف معیار دقت fold-۱۰ برای نمونه‌ها

نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
RMSE	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۳۰	۰/۳۸	۰/۳۰
میانگین دقت برای 10-fold	۸۱/۹۷	۸۰/۸۷	۹۵/۰۳	۸۵/۹۷	۸۸/۳۱	۸۲/۳۳	۸۷/۵	۹۰/۲۸	۹۳/۶۵	۹۶/۷۱	۹۱/۲۱	۸۶/۱	۹۰/۹۴
انحراف معیار دقت برای10-fold	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۳۶	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۳

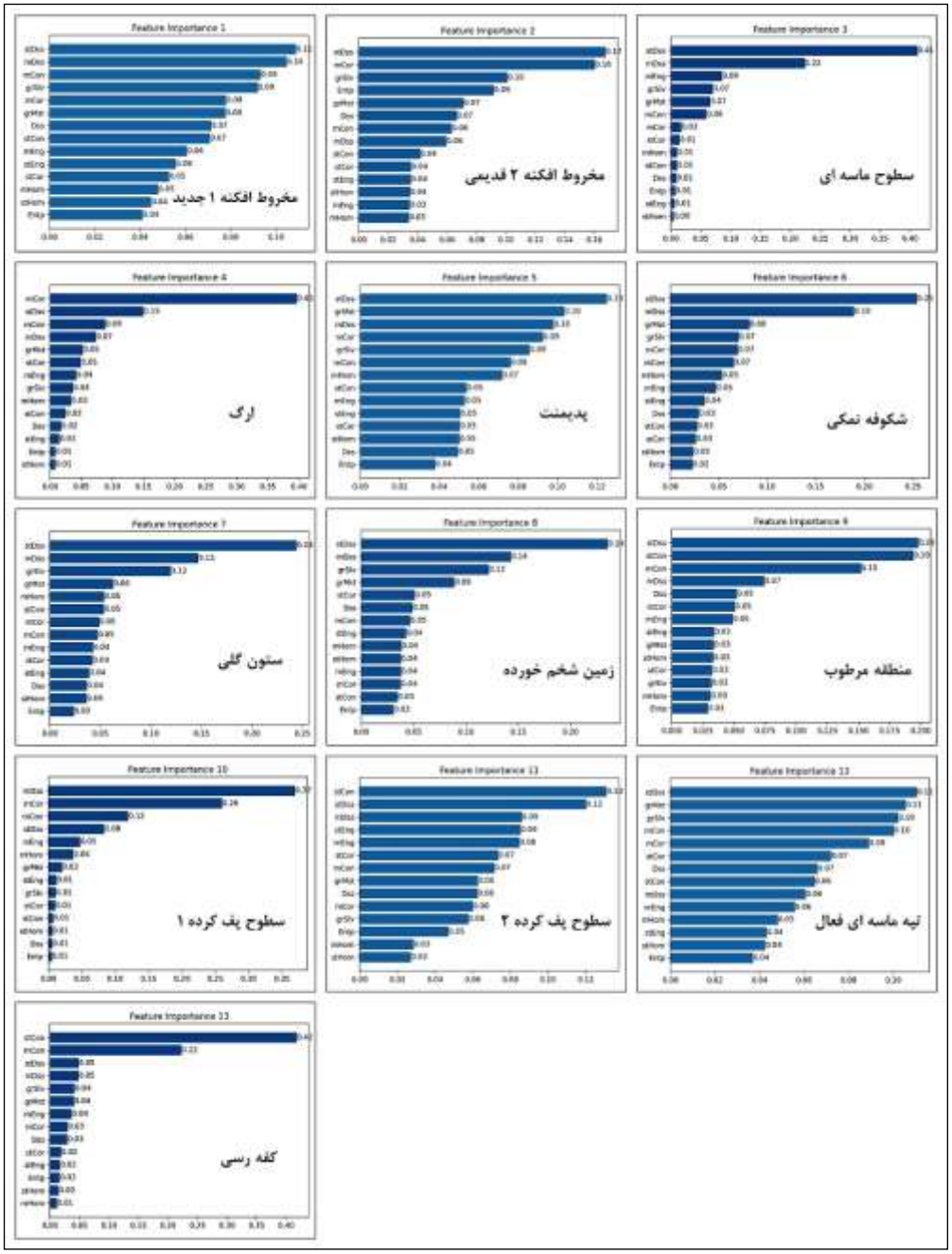
[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

اهمیت ویژگی‌ها در پیش‌بینی محدوده‌های تغییریافته

اهمیت ویژگی‌های بافت تصویر در پیش‌بینی مقادیر تغییریافته در نمونه‌های عکس‌برداری شده نشان می‌دهد که در اغلب نمونه‌ها، ویژگی انحراف معیار محلی تصویر فقدان مشابهت، مهم‌ترین عامل بوده‌است. تنها در نمونه‌های ۴، ۱۰، ۱۱ و ۱۳، ویژگی‌های دیگر بیشترین اهمیت را به خود اختصاص داده؛ به طوری که در نمونهٔ شمارهٔ ۴، میانگین محلی ویژگی همبستگی ماتریس همزمانی با مقدار ۰/۴ بیشترین اهمیت را داشته‌است. در نمونهٔ شمارهٔ ۱۰، میانگین محلی تصویر فقدان مشابهت با مقدار ۰/۳ و در نمونه‌های ۱۱ و ۱۳، ویژگی انحراف معیار محلی تضاد ماتریس همزمانی با مقادیر ۰/۱۳ و ۰/۴۲ در پیش‌بینی مدل بیشترین اهمیت را داشته‌است (شکل ۴).

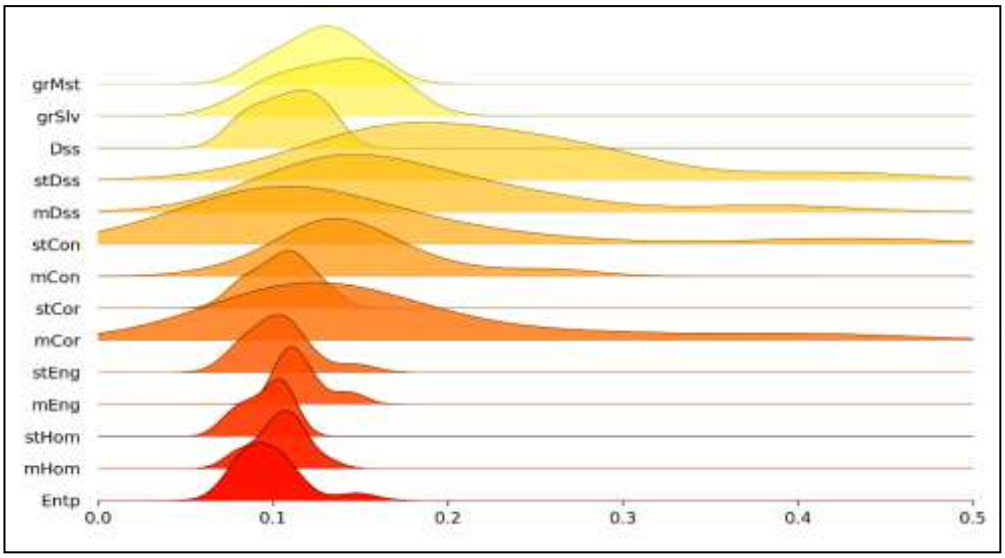
پراکندگی مقادیر اهمیت برای هر ویژگی در نمونه‌های مختلف متفاوت است؛ به طوری که در نمونه‌های ۱، ۵، ۱۱ و ۱۲، میزان اهمیت ویژگی‌ها اختلاف زیادی با یکدیگر ندارد؛ اما در نمونه‌های ۳، ۴، ۱۰ و ۱۳ ویژگی‌های مهم‌تر بیشترین مقدار اهمیت را به خود اختصاص داده و تفاوت آنها با سایر ویژگی‌ها بیشتر است. شکل ۵ نشان می‌دهد که بیشتر ویژگی‌ها در تمامی نمونه‌ها، بین صفر تا ۰/۱۵ اهمیت داشته و تنها ویژگی‌های انحراف معیار تصویر فقدان مشابهت (stDss)، میانگین تصویر فقدان مشابهت (mDss)، انحراف معیار و میانگین محلی برای تضاد ماتریس همزمانی (stCon، mCon) و میانگین محلی همبستگی ماتریس همزمانی (mCor)، مقادیر بالای اهمیت بین ۰/۲ تا ۰/۵ را به خود اختصاص داده‌است.

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]



شکل ۴: نمودارهای اهمیت ویژگی برای مدل در نمونه‌های مورد بررسی

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]



شکل ۵: نمودار مقادیر اهمیت ویژگی‌ها در تمام نمونه‌های مورد بررسی

تغییرات لندفرم‌ها

تغییرات در لندفرم‌های مختلف بر اساس نتایج مدل نشان می‌دهد که کمترین تغییر بعد از ۲۵ گذر، در نمونهٔ شمارهٔ ۸ است. این لندفرم با عنوان زمین‌های شخم خورده شناخته می‌شود و از گل و نمک بسیار سخت تشکیل شده‌است. سطح این لندفرم به طور طبیعی بسیار به هم ریخته و ناهموار است. تغییرات در مقایسهٔ دو عکس قبل و بعد از پاکوب در این نمونه، به سختی دیده می‌شود؛ با این وجود، در حدود سی درصد از پیکسل‌های عکس به عنوان نواحی تغییریافته مشخص می‌شود. نواحی تغییریافته نیز بیشتر منطبق بر میکروشیب‌ها و قلّه‌های ریزی است که در هر گذر بیشترین فشار بر آنها وارد شده‌است.

مقدار تغییرات پیکسل‌ها در اثر پاکوب کردن، برای نمونهٔ شمارهٔ ۷ در مقایسه با سایر نمونه‌ها کم و در حدود ۴۲ درصد است. نمونهٔ شمارهٔ ۷، به لندفرم ستون‌های گلی مربوط است و همانند نمونهٔ شمارهٔ ۸، از مخلوط گل و نمک تشکیل شده‌است.

نمونه‌های شمارهٔ ۱۲ و ۱۳، به ترتیب تغییراتی در حدود ۵۵ و ۶۰ درصد دارد. نمونهٔ شمارهٔ ۱۲ نیز مربوط به تپه‌های ماسه‌ای بسیار فعال و نمونهٔ شمارهٔ ۱۳ به منطقهٔ مرطوب حاشیهٔ پلایا (شوره‌زار) مربوط است.

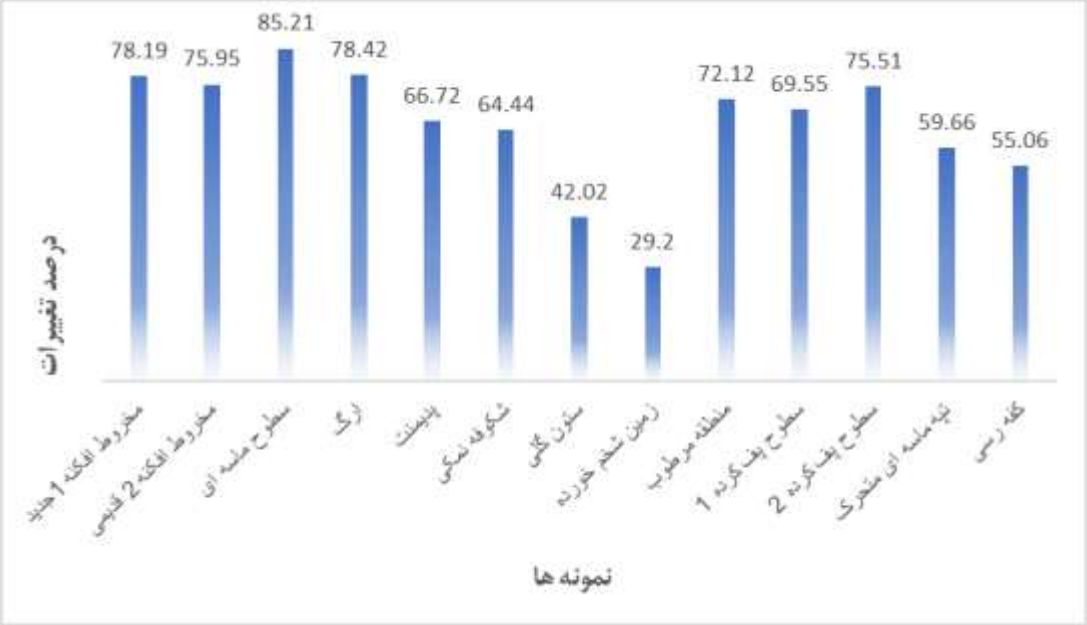
نمونهٔ ۶ با مقدار تقریبی ۶۵ درصد، به لندفرم موسوم به شکوفه‌های نمکی تعلق دارد. نمونهٔ شمارهٔ ۵ نیز تغییراتی در حدود ۶۷ درصد دارد و مربوط به دشت سر است.

نمونهٔ شمارهٔ ۹ نیز به ناحیهٔ مرطوب و شوره‌زار حاشیهٔ پلایا مربوط است. میزان تغییرات در این لندفرم بعد از پاکوب، ۷۲ درصد است. سپس نمونه‌های شمارهٔ ۲، مربوط به مخروط افکنهٔ قدیمی و نمونهٔ شمارهٔ ۱۱ مربوط به لندفرم سطوح پف کرده، تغییراتی در حدود ۷۵ درصد نشان می‌دهد. در نمونهٔ شمارهٔ ۲، تغییرات بیشتر مربوط به جابه‌جایی سنگ‌ها و رسوبات است، اما در لندفرم شمارهٔ ۱۱ شکستن پوسته‌های نازک سطح، میزان تغییرات را رقم می‌زند.

نمونه‌های شمارهٔ ۱ که نمایندهٔ سطوح مخروط افکنه‌ای جدید به همراه نمونهٔ شمارهٔ ۴ که از تپه‌های ماسه‌ای داخل ریگزار برداشت شده‌اند، هر دو تغییرات ۷۸ درصدی را نسبت به پاکوب نشان می‌دهند.

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

نمونهٔ شمارهٔ ۳، منطبق بر سطوح ماسه‌ای با مقدار کمی پوشش گیاهی است. میزان تغییرات در این لندفرم، ۸۵ درصد است و بیشترین تغیرات را در میان نمونه‌ها نشان می‌دهد. ویژگی این لندفرم، منفصل بودن مواد سطح زمین و پوشش گیاهی ناچیز است.



شکل۶: نمودار درصد تغییر لندفرم‌ها در اثر پاکوب

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

تعیین حساسیت لندفرم‌های نواحی بیابانی نسبت به پاکوب انسانی، برای مدیریت این مناطق اهمیت دارد. برای دستیابی به این منظور، استفاده از روش‌های کم هزینه، سریع و دقیق مانند عکس‌برداری و استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین بسیار مفید است. این مطالعه نشان می‌دهد که مدل Xgboost و روش عکس‌برداری می‌تواند با دقت حدودی بالای نود درصد، میزان تغییرات لندفرم‌ها را اندازه‌گیری کند. این تغییرات با توجه به بافت تصاویر مشخص می‌شود و تغییرات ارتفاعی یا تراکم خاک را اندازه‌گیری نمی‌کند؛ با این حال، تعداد پیکسل‌های تغییریافته را حتی زمانی که با چشم به سختی دیده می‌شود، مشخص می‌کند. از سوی دیگر، نتایج این روش برآیند تأثیر تمام متغیرهای مؤثر مانند شیب، رطوبت، زبری و ... است؛ در حالی که تغییرات ارتفاعی یا میزان تراکم می‌تواند تحت‌تأثیر یکی از عوامل یاد شده باشد. نتایج کلی این تحقیق را می‌توان به صورت کلی چنین بیان کرد:

ـــــ الگوریتم XGBoost و عکس‌برداری، ابزاری کارآمد در آشکارسازی پیکسل‌های دارای تغییر با توجه به ویژگی‌های بافت تصویر است. اگرچه یافته‌های این تحقیق نیز همانند نتایج کار Wang (2015)، تغییرات عکس‌ها را با دقت خوبی آشکار می‌کند، اما در این تحقیق به جای استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی، از الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده شد.

ـــــ ویژگی‌های انحراف معیار تصویر فقدان مشابهت، میانگین تصویر فقدان مشابهت، انحراف معیار تصویر تضاد ماتریس همزمانی و میانگین تصویر همبستگی ماتریس همزمانی، مهم‌ترین ویژگی‌ها در شناسایی و آشکارسازی

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

تغییرات است. همان طور که وانگ (۲۰۱۵)، میانگین تصویر فقدان مشابهت را در ویژگی‌های بافت تصویر مهم دانسته‌است.

ـــ کمترین حساسیت نسبت به پاکوب، مربوط به لندفرم‌های زمین شخم خورده و ستون‌های گلی است که مخلوطی از گل و نمک با سطحی بسیار ناهموار می‌باشد. لندفرم‌های ماسه‌ای بیشترین میزان تغییرات را نشان می‌دهد؛ با این حال، تفاوت تغییرات در ماسه‌های متحرک با سایر لندفرم‌های ماسه‌ای زیاد است و دلیل این امر، عملکرد سریع فرایند باد در از بین بردن اثرات پاکوب می‌باشد. ستون‌های گلی و زمین شخم خورده از نظر بافت، نوع رسوب و املاحی مانند نمک‌ها مشابه هم هستند؛ با این حال، تفاوت در شکل آنها سبب می‌شود تا به عنوان دو لندفرم مجزا شناخته شود. وجود املاح نمکی به سیمانی شدن رسوبات ریزدانهٔ سیلت و رس در این لندفرم‌ها منجر می‌شود و در برابر فشار، مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهد. در مقابل، لندفرم‌های ماسه‌ای از دانه‌های ریز و منفصل تشکیل شده‌است و با کمترین نیرو از جای خود کنده و سطح لندفرم دستخوش تغییر می‌شود. مخروط‌افکنه‌های قدیمی نسبت به مخروط‌های جدید، به دلیل سن بیشتر مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند و حساسیت کمتری دارند.

ـــ با توجه به نتایج تحقیق و اطلاعات ژئومورفولوژی، حساسیت لندفرم‌ها نسبت به پاکوب برای هر لندفرم به شکل تخریب و جابه‌جایی رسوبات اتفاق می‌افتد و به عواملی چون متغیرهای مؤثر در سیمانی شدن رسوبات لندفرم‌ها مانند رطوبت، سن، نوع و میزان املاح، متغیرهای مؤثر در فشار مانند زبری سطح، شیب و تعداد گذر و چگونگی عملکرد فرایندهای طبیعی شکل‌زا بستگی دارد. سهم و چگونگی اثرگذاری هر دسته از این عوامل می‌تواند موضوع یک تحقیق جداگانه باشد.

۶ـ سپاس‌گزاری

این مقاله، از پایان‌نامهٔ دورهٔ دکتری تخصصی ژئومورفولوژی مصوب در دانشگاه تهران استخراج شد. نویسنده بر خود لازم می‌داند که مراتب تشکر صمیمانه خود را از جناب آقای دکتر صادق آبروش، رئیس ادارهٔ بیابان منابع طبیعی استان قم و سرکارخانم دکتر افسانه اهدایی اعلام کند.

منابع

1. Ajurlo, M.; Radmard, T.; & F. Bidrannameni, 2018. The Effect Of Soil Trampling By Livestock On The Germination Of The Soil Seed Bank Of Dere Shahr Pastures, *Iranian Seed Science And Research Journal*, 4(4), 13-21. Magiran.Com/P1860081. In Persian.

2. Asghari, Sh., & S. Abdulhosseinzadeh Nemin., (2019). The Effect Of Tourist Traffic On Some Physical And Hydraulic Characteristics Of The Soil Of Fundhalavi Forest Park In Ardabil. *Knowledge Water And Soil Quarterly*. 29(1), 125-136. Magiran.Com/P2006579. In Persian.

3. Belnap, J.; Phillips, S. L.; Herrick, J. E.; & J. R. Johansen, 2007. Wind Erodibility Of Soils At Fort Irwin, California (Mojave Desert), USA, Before And After Trampling Disturbance: Implications For Land Management, *Earth Surface Processes And Landforms*, 32(1), 75-84. Doi: 10.1002/Esp.1372

4. Blasco, R.; Rosell, J.; Fernández Peris, J.; Cáceres, I.; & J. M. Vergès, 2008. A New Element Of Trampling: An Experimental Application On The Level XII Faunal Record Of Bolomor Cave (Valencia, Spain), *Journal Of Archaeological Science*, 35(6), 1605-1618. Doi: 10.1016 /J. Jas. 2007.11.007

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

5. Boelhouwers, J., & T. Scheepers., (2004). The Role Of Antelope Trampling On Scarp Erosion In A Hyper-Arid Environment, Skeleton Coast, Namibia. *Journal Of Arid Environments*. 58(4), 545-557. Doi:10.1016/J.Jaridenv.2003.11.006
6. Bruzzone, L., & D. F. Prieto., (2002). An Adaptive Semiparametric And Context-Based Approach To Unsupervised Change Detection In Multitemporal Remote-Sensing Images. *IEEE Trans Image Process*. 11(4), 452-466. Doi:10.1109/TIP.2002.999678
7. Dahle, F.; Arroyo Ohori, K.; Agugiaro, G.; & S. Briels, 2021. Automatic Change Detection Of Digital Maps Using Aerial Images And Point Clouds. The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences, XLIII-B2-2021, 457-464. Doi:10.5194/ Isprs-Archives-XLIII-B2-2021-457-2021.
8. Casu, D.; Ceccherelli, G.; Curini-Galletti, M.; & A. Castelli, 2006. Human Exclusion From Rocky Shores In A Mediterranean Marine Protected Area (MPA): An Opportunity To Investigate The Effects Of Trampling, *Marine Environmental Research*, 62(1), 15-32. Doi:10.1016/J. Marenvres.2006.02.004
9. Dluzewska, A., 2014. *Nature-Based Tourism In Desert Areas: Challenges For Tourism Education*. (Aitchison, Ed.). LSA Publication. Retrieved From Https://Www. Researchgate. Net/ Publication/320271868
10. Gheza, G.; Assini, S.; Marini, L.; & J. Nascimbene, 2018. Impact Of An Invasive Herbivore And Human Trampling On Lichen-Rich Dry Grasslands: Soil-Dependent Response Of Multiple Taxa, *Science Of The Total Environment*, 639, 633-639. Doi:10. 1016/ J. Scitotenv. 2018.05.191
11. Goudie, A., 1993. Human Influence In Geomorphology, *Geomorphology*, 7, 37-59.
12. Goudie, A., 2020. The Human Impact In Geomorphology - 50 Years Of Change, *Geomorphology*, 366. Doi:10.1016/J.Geomorph.2018.12.002
13. Haralick R. M.; Shanmugam K.; & D. Itshak, 1973. Textural Features For Image Classification, *Ieee*, Smc-3, 610-621.
14. Heydari, N., 2018. Evaluation Of The Effects Of Tourists' Trampling On The Soil Quality Characteristics Of Recreational Areas (Case Study: Qargh Forest Park). Masters. Gorgan University Of Agricultural Sciences And Natural Resources, Faculty Of Fisheries And Environment. In Persian.
15. Jägerbrand, A. K., & J. M. Alatalo., (2015). Effects Of Human Trampling On Abundance And Diversity Of Vascular Plants, Bryophytes And Lichens In Alpine Heath Vegetation, *Northern Sweden*. *Springerplus*, 4(1). Doi:10.1186/S40064-015-0876-Z.
16. Kanan, C., & GW. Cottrell., (2012). Color-To-Grayscale: Does The Method Matter In Image Recognition? Plos ONE. 7(1), E29740. Doi:10.1371/ Journal.Pone.0029740
17. Keane, P. A.; Wild A. E. R.; & H., R. J., 1979. Trampling And Erosion In Alpine Country. Soil Conservation Service Ofn.S. W., 35.
18. Kissling, M.; Hegetschweiler, K. T.; Rusterholz, H.-P.; & B. Baur, 2009. Short-Term And Long-Term Effects Of Human Trampling On Above-Ground Vegetation, Soil Density, Soil Organic Matter And Soil Microbial Processes In Suburban Beech Forests, *Applied Soil Ecology*, 42(3), 303-314. Doi:10.1016/J.Apsoil.2009.05.008
19. Li, W.; Zheng, T. D.; Cheng, X. P.; & He, S. Q., 2023. Changes In Functional Traits And Diversity Of Typical Alpine Grasslands After A Short-Term Trampling Disturbance, In Frontiers In Ecology And Evolution (Vol. 11), Frontiers Media SA. Https://Doi.Org/ 10.3389 /Fevo. 2023. 1154911.
20. Liu, X.; He, Y.; Cheng, L.; Hu, H.; & Y. Xu, 2023. Effects Of Precipitation Variation And Trampling Disturbance On Seedling Emergence Of Annual Plants In A Semi-Arid Grassland, In Frontiers In Environmental Science (Vol. 10). Frontiers Media SA. Https://Doi.Org/ 10.3389/ Fenvs.2022.1078541
21. Lucrezi, S.; Schlacher, T. A.; & W. Robinson, 2009. Human Disturbance As A Cause Of Bias In Ecological Indicators For Sandy Beaches: Experimental Evidence For The Effects Of Human

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

Trampling On Ghost Crabs (Ocypode Spp.), *Ecological Indicators*, 9(5), 913-921. Doi:10.1016/J. Ecolind.2008.10.013
22. Marzen, M.; Iserloh, T.; Fister, W.; Seeger, M.; Rodrigo-Comino, J.; & J. B. Ries, 2019. On-Site Water And Wind Erosion Experiments Reveal Relative Impact On Total Soil Erosion, *Geosciences*, 9(11). Doi:10.3390/Geosciences9110478
23. Nishiguchi, H., & Y. Nomura., (2009). A Study On SSD Calculation Between Input Image And Subpixel-Translated Template Images And Its Applications To A Subpixel Image Matching Problem. Paper Presented At The Intelligent Robots And Computer Vision XXVI: Algorithms And Techniques.
24. Nokeri, T. C., 2022. Data Science Solutions With Python.Https://Doi.Org/10.1007/978-1-4842-7762-1.
25. Paleczek, A.; Grochala, D.; & A. Rydosz, 2021. Artificial Breath Classification Using Xgboost Algorithm For Diabetes Detection, *Sensors*, 21(12). Doi:10.3390/S21124187
26. Plicanti, A.; Domínguez, R.; Dubois, S. F.; & I. Bertocci, 2016. Human Impacts On Biogenic Habitats: Effects Of Experimental Trampling On Sabellaria Alveolata (Linnaeus, 1767) Reefs, *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology*, 478, 34-44. Doi:10.1016/J .Jembe. 2016. 02.001
27. Quinto, B., 2020. Next-Generation Machine Learning With Spark. Https://Doi.Org/ 10.1007/ 978-1-4842-5669-5.
28. Veiga, P.; Sampaio, L.; Moreira, J.; & M. Rubal, 2023. Short-Term Effects Of Trampling On Intertidal Mytilus Galloprovincialis Beds. In Marine Pollution Bulletin (Vol. 189, 114800. P.). Elsevier BV. Https://Doi.Org/10.1016/J.Marpolbul.2023.114800
29. Wade, C., 2020. Hands-On Gradient Boosting With Xgboost And Scikit-Learn . Https:// Link. Springer.Com/Book/10.1007/978-1-4842-7762-1.
30. Wang, Y.; Crouzil, A.; & J.-B. Puel, 2015. Interactive Change Detection Based On Dissimilarity Decision Tree Classification. Paper Presented At The Seventh International Conference On Machine Vision (Icmv 2014).
31. Wang, Y., 2016. Change Detection From Photographs. Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier), Retrieved From Https://Tel.Archives-Ouvertes.Fr/Tel-01510938
32. Wu, Y.-S.; Li, X.-R.; Jia, R.-L.; Yin, R.-P.; & T.-J. Liu, 2023. Livestock Trampling Regulates Soil Carbon Exchange Mediated By Surface Roughness And Biological Cover, *In Geoderma*, 429, 116-275. Elsevier B.V. Https://Doi.Org/10.1016/J.Geoderma.2022.116275
33. Wu, Y.-S.; Li, X.-R.; Hasi, E.; Yin, R.-P.; & T.-J. Liu, 2020. Surface Roughness Response Of Biocrust-Covered Soil To Mimicked Sheep Trampling In The Mu Us Sandy Land, Northern China, *Geoderma*, 363. Doi:10.1016/J.Geoderma.2019.114146
34. Yaşar Korkanç, S., 2014. Impacts Of Recreational Human Trampling On Selected Soil And Vegetation Properties Of Aladag Natural Park, Turkey, *Catena*, 113, 219-225. Doi:10.1016/ J. Catena.2013.08.001
35. Yuejin, L.; Kelong, C.; Zhifeng, L.; & C. Guangchao, 2022. Short-Term Impacts Of Trampling On Selected Soil And Vegetation Properties Of Alpine Grassland In Qilian Mountain National Park,China. Global Ecology And Conservation, 36. Doi:10. 1016 /J. Gecco. 2022.E0214

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

Sensitivity of Desert Landforms to Trampling Using Digital Photography and XGboost Model: A Case Study of Masile Pit in Qom

Amir Moradi: *Ph.D Student in Geomorphology, Physical Geography Department, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran*
Shirin Mohammadkhan[1]: *Associate professor, Physical Geography Department, Geography, University of Tehran, Tehran*
Mehran Maghsodi: *Associate professor, Physical Geography Department, Geography, University of Tehran, Tehran*
Mansor Jafarbiglou: *Associate professor, Physical Geography Department, Geography, University of Tehran, Tehran*

Article History (Received: 2023/04/5 Accepted: 2023/10/13)

Extended abstract

1- Introduction

Today, even the simplest human activities, such as walking, can have destructive consequences. Human movement on the earth may be done for economic, tourism, military purposes, etc. However, these movements lead to the trampling of the land and have consequences such as changes in the abundance and richness of vegetation, increase in runoff and soil density, and changes in erosion. In addition, the surface of the landforms is disturbed and with a sharp decrease in the threshold of shear speed, their vulnerability to wind erosion increases dramatically. Determining the sensitivity of landforms requires accurate tools, time and a lot of money, while the use of photography in monitoring the amount of changes in landforms can save time and money. The research that has been done so far in relation to trampling is generally based on two approaches. The first approach is the experimental method, that is, small undisturbed parts are selected in the study area and trampled according to the requirements of the experiment. The second method involves making long-term observations of the tracks that have been trodden. Chale Masileh is a part of the desert areas of the country, which is trampled by humans for various reasons. Economic activities such as harvesting potassium, magnesium and other materials from the bed of the salt lake, tourist areas such as Maranjab in the south of the region and military activities and holding large military maneuvers are among them. However, there is still no detailed information about the areas sensitive to trampling. Therefore, the current research tries to investigate the sensitivity of different desert landforms to trampling using a low-cost and fast method because in order to use and manage desert areas, it is necessary to understand the sensitivity of landforms.

2- Methodology

The studied area mainly includes Mesila pit. The geographic coordinates of the salt lake as an index point in this hole are 30°34° north latitude and 50°51° east longitude. In this research, various materials, data and tools have been used in different stages of the research. The geomorphological map of the study area, and field data were collected in field operations using camera, tripod, GPS and plot. ArcMap, SNAP software were used to prepare the data, and Python 3.10 programming environment was used to run the model and draw graphs and outputs. 13 landforms were selected in different positions of the region. In the next step, an undisturbed area in the landform was selected and photographed, then trampled with 25 passes and a second photograph was taken. After recording the images by entering fourteen features for each pixel, the data was prepared to participate/to be applied in the model implementation. In the implementation of the model, 75% of the pixels were used as training data and the remaining 25% as test data. The ratio of changed pixels to unchanged pixels was considered as the change rate.

[1] **Corresponding Author: mohamadkh@ut.ac.ir**

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]

3- Results

Evaluation of model efficiency using model relative performance characteristic curves (ROC) and area under the curve (AUC) shows that the values of 0.99 to 0.88 indicate the very good efficiency of the model in all samples. The RMSE value for the samples shows that in all the samples the mean square error value is less than 0.5, which confirms the good accuracy of the model in predicting the changed pixels. In addition, the average percentage of accuracy for samples using -k10 shows that the accuracy of the model in each sample is more than 80%. The importance of the image texture features in predicting the changed values in the photographed samples shows that in most samples the feature of the local standard deviation of the image of dissimilarity was the most important factor

4- Discussion & Conclusions

Determining the sensitivity of the landforms of desert areas to human trampling is important for the management of these areas. To achieve this purpose, it is very useful to use low-cost, fast and accurate methods such as taking pictures and using machine learning algorithms. This study shows that the XGboost model and the photography method can measure the amount of landform changes with an accuracy of over 90%. These changes are determined according to the texture of the images and do not measure changes in height or soil density. However, it determines the number of changed pixels even when it is barely visible to the eye. On the other hand, the results of this method are the result of the influence of all effective variables such as slope, humidity, roughness, etc. While changes in altitude or density can be affected by one of the mentioned factors. The changes in different landforms based on the results of the model show that the least change is in the plowed land, which consists of very hard mud and salt. The surface of this landform is naturally very messy and uneven. The changes in the comparison of the two photos before and after trampling in this sample are hardly visible. The changed areas mostly correspond to the microslopes and small peaks that have been subjected to the most pressure in each pass. The amount of changes in the landform of sandy surfaces with a small amount of vegetation is 85%, which shows the most/highest changes among the samples. The key feature of this landform is the separation of land surface materials and vegetation.

Key Words: XGBoost, desert, trampling, Qom salt lake, machine learning.

[DOI: 10.61186/jeer.13.4.1]