Archive of SID

مدل‌سازی فرسایش پایپینگ در اراضی لسی

علیرضا جلالی‌فرد: *دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده‌ی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.*
محسن حسینعلی‌زاده*: *استادیار، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده‌ی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.*
چوقی بایرام‌کمکی: *استادیار، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده‌ی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.*
مجید عظیم‌محسنی: *دانشیار، گروه آمار، دانشگاه گلستان.*

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۹)

چکیده

فرسایش پایپینگ از جمله فرسایش‌های آبی است که عموماً در سازندهایی با ظرفیت نفوذپذیری کم و کانی‌های قابل انحلال زیاد به وجود می‌آید. تحقیق حاضر در محدوده‌ای به وسعت تقریبی ۱۰۵ هکتار در اراضی لسی استان گلستان انجام شد که تعداد ۱۰۲ پایپینگ در آن به ثبت رسید. هدف این مطالعه، پیش‌بینی وجود یا عدم وجود پایپینگ و پیش‌بینی خطر آن از طریق مدل‌سازی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر اساس رگرسیون لجستیک است؛ در این راستا، ابتدا به‌صورت میدانی تمامی پایپینگ‌های محدوده سرشماری و از داخل و خارج خاک نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس خصوصیات مورفومتری آنها نیز ثبت شد. سپس داده‌های استخراج شده، توسط مؤلفه‌های آماری تجزیه و تحلیل شد. برای مقایسه‌ی فرسایش پایپینگ در دو کاربری زراعت و مرتع، از آزمون خی ـ دو و آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. نتایج آزمون خی ـ دو نشان داد که شکل دامنه، شکل پایپینگ و بافت خاک به کاربری اراضی وابسته نیست. همچنین برای مقایسه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در داخل و مجاور پایپینگ، از روش‌های آنالیز واریانس طرح تکراری چندگانه و آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در داخل و خارج پایپینگ در سطوح مختلف معنی‌داری (۹۵٪ و ۹۹٪) با ایجاد پایپینگ رابطه‌ی معنی‌داری داشته‌است. با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه‌های فقدان تراکم خاک، چسبندگی خاک و خصوصیات الکترولیتی بیشترین تأثیر را در رخداد پایپینگ داشته‌اند. درنهایت از رگرسیون لجستیک دوگانه و چندگانه به ترتیب در مدل‌سازی وجود یا عدم وجود و خطر تشکیل پایپینگ استفاده شد. تجزیه و تحلیل رگرسیون لجستیک دوگانه حاکی از آن بود که از بین متغیرهای موردمطالعه، متغیرهای کاربری اراضی، مقاومت خاک، جهت جغرافیایی، شکل شیب، درصد شیب و اسیدیته خاک بیشترین تأثیر را در رخداد پایپینگ به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس رگرسیون لجستیک چندگانه نیز مهم‌ترین متغیرهای دخیل در خطر تشکیل پایپینگ به کاربری اراضی، مقاومت خاک، فاصله از آبراهه و جهت جغرافیایی اختصاص یافت.

واژگان کلیدی: ایکی‌آغزلی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، رگرسیون لجستیک، لس، مدل‌سازی پایپینگ.

* نویسنده مسئول: mhalizadeh@gau.ac.ir

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

۱- مقدمه

یکی از اصلی‌ترین منابع طبیعی، خاک است که در طی دهه‌های گذشته بر اثر عوامل انسانی مانند جنگل‌تراشی، چرای بی‌رویه و مدیریت نامناسب اراضی و عوامل طبیعی نظیر فرسایش آبی و بادی تخریب شده‌است (Agheli Kohne-Shahri, 2006). با توسعه و پیشرفت بشر، شدت فرسایش خاک افزایش یافته‌است. بر اساس گزارش Bayramin و همکاران (۲۰۰۳) شدت فرسایش سالیانه‌ی خاک در آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی با ۳۰ تا ۴۰ تن در هکتار بیشترین مقدار بوده و در اروپا و آمریکای شمالی با ۱۳ تن در هکتار کمترین مقدار است. از طرفی، سالانه نزدیک به ۲ میلیارد تن از خاک‌های با ارزش ایران به هدر می‌رود و خسارت هنگفتی بر کشور وارد می‌شود (Maghsodi and Habibi, 2009). فرسایش پایپینگ از جمله فرسایش‌های آبی است که رخداد آن به تغییرات بارز در منظر زمین و تخریب محیط‌زیست منجر می‌شود. Bernatek-Jakiel و همکاران (۲۰۱۶)، فرسایش پایپینگ را حذف مکانیکی ذرات خاک در فرآیند زیرسطحی متمرکز می‌دانند که به شکل‌گیری پایپینگ منجر می‌شود. عموماً پایپینگ در سازندهایی به وجود می‌آید که ظرفیت نفوذپذیری کم و کانی‌های قابل انحلال زیادی دارد. از مهم‌ترین عوامل فرسایش پایپینگ می‌توان به عوامل خاک، فیزیوگرافی، اقلیمی و زیستی اشاره کرد که این عوامل همه به یک اندازه در ایجاد این اشکال نقش ندارند (Yamani and Akbaryan, 2013). فرسایش پایپینگ دو نوع اثر درون منطقه‌ای و برون منطقه‌ای دارد که اثر درون منطقه‌ای نسبت به برون منطقه‌ای حادتر است. متوسط سالانه‌ی تلفات خاک ناشی از پایپینگ، ۲/۳ الی ۴/۶ تن در هکتار گزارش شده که نسبت به تلفات خاک ناشی از فرسایش سطحی و شیاری در کاربری‌های یکسان بیشتر است (Verachtert et al, 2011).

فرسایش پایپینگ بیشتر در خاک‌های غیرشور مانند خاک‌های لسی شایع است (Wilson et al, 2015). نهشته‌های لسی به‌واسطه‌ی خصوصیات حساس و ویژه‌ای که دارند، در برابر عوامل و فرایندهای فرسایشی سریعاً واکنش نشان می‌دهند، به فرسایش و تخریب زیست‌محیطی منطقه منجر می‌شوند و رخساره‌های فرسایشی ویژه‌ای همچون فرسایش پایپینگ و خندق را ایجاد می‌کنند (Zand-Moghaddam, 2007). بر اساس مکانیسم تشکیل پایپینگ در اراضی لسی، جذب آب توسط خاک‌های لسی در فصل مرطوب و وجود عناصری نظیر سدی مکه بر هیدرولیز رس تأثیر دارد؛ به گونه‌ای که رس منبسط می‌شود و طی دوره‌های خشک، شکاف‌های متعددی به شکل متقاطع در این اراضی به وجود می‌آید.

لس یکی از مهم‌ترین واحدهای رسوبی کواترنری (دوران چهارم زمین‌شناسی) قلمداد می‌شود و به لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری زیادی برخوردار است. لس‌ها حاصلخیزی بسیار بالا و از نظر اقتصادی و علمی کاربرد دارند. این اراضی مساحتی معادل ۳۸۸ هزار هکتار (۱۷ درصد) از استان گلستان را پوشانده و از سه نوع لس با ویژگی‌های رسوب‌شناسی و ژئوتکنیکی متمایز تشکیل شده‌است (Rezai et al, 2011). این لس‌ها در شمال شرقی استان گلستان به‌صورت تپه‌ماهور دیده می‌شود.

با نگاهی بر دامنه‌ی تحقیقات فرسایش تونلی، محققان در نقاط مختلف دنیا با توجه به شرایط منطقه و عوامل تأثیرگذار آن، بر تشکیل و گسترش تونل‌ها و تخصص‌های علمی و پژوهشی خود در یک یا چند زمینه از جنبه‌های مربوط به این فرسایش کوشیده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

Mashhadi (۲۰۰۰) در مطالعه‌ی اشکال شبه‌کارست و فرسایش پایپینگ در جنوب شهر سمنان به این امر اشاره کرد که شدت فرسایش پایپینگ به عوامل گوناگونی بستگی دارد؛ از جمله افزایش نسبت سدیم به کلسیم و منیزیم، ترکیب نمک‌های محلول، ترکیب رس‌های معدنی قابل تورم به خصوص افزایش رس مونت‌موریلونیت، درجه‌ی سخت شدگی رسوبات، میزان رواناب سطحی و فرسایش آبی، توپوگرافی منطقه و بالأخره گرادیان هیدرولیک بین ناهمواری‌ها و سطح اساس محلی. Karimpor reyhan و همکاران (۲۰۰۳)، به مطالعه و بررسی اشکال مختلف فرسایش از جمله فرسایش پایپینگ در جنوب غربی شهرستان سمنان پرداختند. سپس عواملی را که در تشکیل این فرسایش دخالت دارد، به چند دسته تقسیم کردند که عبارتند از: سنگ‌بستر، خاک، فیزیوگرافی، اقلیمی و زیستی. آنها در این تحقیق به ترتیب دو عامل بافت خاک (سازند) و خصوصیات شیمیایی آن را مهم‌ترین عامل توسعه‌ی این اشکال فرسایشی معرفی کردند. Isaee و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نهشته‌های لسی در ایجاد اشکال فرسایشی حوضه‌ی گرگان‌رود و روداترک پرداختند و تغییرات سه متغیر وابسته‌ی عمق، طول ترک و سطح حفره را به وسیله‌ی متغیرهای مستقل در فرسایش پایپینگ بررسی کردند. آنها براساس میانگین نتایج حاصل دریافتند که عمق حفره‌ها با فراوانی یون‌های کلسیم، سدیم و میزان شوری، رابطه‌ی مستقیمی دارد و از طرفی با فراوانی مواد آلی، اسیدیته و درصد سدیم تبادلی، رابطه‌ی معکوس. Zand-Moghaddam (۲۰۰۷) اشاره کرده‌است که فرسایش پایپینگ بیشتر در نواحی شمال شرقی و شمال منطقه مراوه‌تپه ایجاد می‌شود. وی بیشترین عوامل ایجاد فرسایش پایپینگ را درصد وجود مواد آلی و آهک در نهشته‌های لسی و به‌کارگیری شیوه‌های غلط کشاورزی و دامداری و از بین رفتن پوشش گیاهی (سله بستن سطح خاک و فراهم شدن شرایط انحلال) ذکر کرده‌است. Yamani and Akbaryan (۲۰۱۳)، به مطالعه‌ی تأثیر ویژگی‌های رسوب‌شناسی در توسعه‌ی فرسایش پایپینگ در دو منطقه‌ی دارای فرسایش پایپینگ و منطقه‌ی شاهد در سازند فلیش مکران شهرستان جاسک پرداختند. آنها با تجزیه و تحلیل آماری به این نتیجه رسیدند که شوری، عامل بافت (سیلت و ماسه)، درصد آهک، درصد گچ، یون منیزیم، یون کلسیم و یون پتاسیم، دامنه‌ی حساسیت سازند را تعیین کرده و میزان اسیدیته گل اشباع، درصد اشباع خاک و درصد رس به پایداری و مقاومت سازند در مقابل فرسایش پایپینگ منجر شده‌است.

Fleshman و همکاران (۲۰۱۴)، مکانیسم تشکیل فرسایش تونلی را در شرایط آزمایشگاهی در خاک‌های شنی مدل‌سازی کردند. آنها درنهایت مدل جدیدی را برای توسعه‌ی فرسایش پایپینگ معرفی کردند که می‌توان از آن برای ارزیابی پایپینگ‌های موجود استفاده کرد. علاوه بر این، Bonelli و همکاران (۲۰۰۶) نیز مدلی را برای فرسایش پایپینگ توسعه دادند که داده‌های تجربی موجود، نتایج این مدل را تأیید کرد. همچنین Verachtert و همکاران (۲۰۱۰) به تحقیقی در بلژیک اشاره کردند که ۹۷ درصد از تونل‌ها در منطقه‌ی موردمطالعه، در کاربری مرتع و چراگاه واقع شده‌اند و احتمال پایپینگ، در شیب‌های بیش از ۸ درصد و به شکل مقعر و دارای انحنای بیشتر است که تمرکز جریان را تسهیل می‌کند. اما Verachtert و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی دیگر در منطقه‌ای از بلژیک (محدوده‌ای با وسعت ۲۳۶ کیلومترمربع در فلاندرز آردن)، از متغیرهای مستقلی مانند شیب، منطقه‌ی زهکشی بالادست پایپینگ، فاصله از خط‌القعر، انحنا، جهت شیب، نوع خاک و سنگ‌شناسی در رگرسیون لجستیک استفاده کردند و با تهیه‌ی نقشه حساسیت پایپینگ، آستانه‌ی توپوگرافی شیب و منطقه‌ی زهکشی تپه‌ها اذعان داشتند که تأثیر توأم توپوگرافی در

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

مناطق تپه‌ای و وجود آب، تعداد احتمالی تشکیل پایپینگ را افزایش می‌دهد. Wilson و همکاران (۲۰۱۵) در مراتع مرتفع آمریکا به سه حوضه‌ی موردمطالعه (یکی فاقد پایپینگ و الباقی دارای پایپینگ) اشاره کردند. آنها معتقدند علاوه بر ویژگی‌های خاک و توپوگرافی منطقه، تغییر کاربری (تغییر جنگل به مرتع و زراعت) نیز نقش مهمی در تشکیل پایپینگ دارد. Bernatek-Jakiel و همکاران (۲۰۱۶) نیز عوامل دخیل در فرسایش‌پذیری پایپینگ را از جمله بافت خاک، ساختمان و مقاومت خاک، تخلخل، شیب دامنه، وزن مخصوص ظاهری و خواص شیمیایی مانند اسیدیته و نسبت جذب سدیم بررسی کردند. آنها عوامل مؤثر در ایجاد پایپینگ‌ها را به فعالیت بیولوژیکی و خواص فیزیکی خاک مانند بافت (سیلت) و ساختمان، وزن مخصوص ظاهری کم، تخلخل بالا همراه با نفوذ آب و رواناب سطحی شدید نسبت دادند.

با توجه به مطالعات انجام‌شده استنباط می‌شود که فرآیند فرسایش تونلی به عوامل زیادی با درجه تأثیرگذاری مختلفی بستگی دارد؛ بنابراین برای مدل‌سازی عوامل اصلی به منظور پیش‌بینی خطر آن، ابتدا باید عوامل تأثیرگذار توسط آنالیز مؤلفه‌های اصلی اولویت‌بندی، سپس به مدل وارد شود. از سوی دیگر، مطالعات انجام‌شده بر مدل‌سازی، پیش‌بینی تشکیل و بررسی خطر پایپینگ، بسیار اندک و نیازمند تحقیقات بیشتر است.

پدیده‌ی تونلی شدن، معضلی اساسی در اراضی لسی استان گلستان است. بیشتر تحقیق‌های پیشین در امر خطر فرسایش و رسوب، به کلاس‌بندی فرسایش پرداخته‌اند که نتایج حاصل از کلاس‌بندی گسسته بوده‌است؛ بنابراین، با توجه به محدود بودن مطالعات مربوط به فرسایش پایپینگ نسبت به سایر فرسایش‌ها و پوشیده شدن سطح وسیعی از استان گلستان با نهشته‌های لسی، بررسی این مسئله امری ضروری است. هدف این تحقیق اولویت‌بندی عوامل کمّی و کیفی مؤثر بر فرسایش پایپینگ در اراضی لسی توسط آنالیز مؤلفه‌های اصلی، مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر پایپینگ با استفاده از رگرسیون لجستیک در حوزه‌ی ایکی‌آغزلی است.

۲- مواد و روش

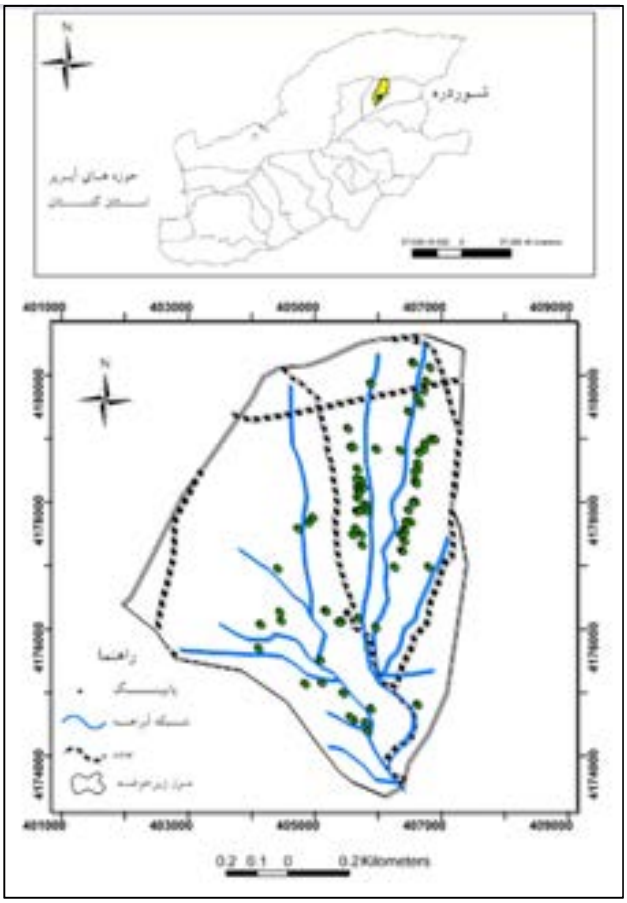
۲-۱- منطقه‌ی موردمطالعه

محدوده‌ی موردمطالعه، زیرحوزه‌ای از حوزه‌ی آبخیز ایکی‌آغزلی (حوزه‌ی آبخیز شوردره) استان گلستان در مختصات عرض جغرافیایی "۲۳ ۳۸ °۳۷ تا "۱۳ ′ ۳۹ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی "۵۵ ′۳۸ °۵۵ تا "۴۰ ′ ۳۹ ° ۵۵ شرقی واقع شده‌است. مساحت این زیرحوزه حدود ۱۰۵ هکتار است که در فاصله‌ی ۶۰ کیلومتری کلاله و ۵۰ کیلومتری شهر مرزی مراوه‌تپه در محدوده‌ی حوزه‌ی آبخیز بزرگ گرگان‌رود (رودخانه‌ی قرناوه و شوردره) واقع شده‌است. میزان بارندگی در این منطقه با استفاده از روش ایستگاه‌های معرف، حدود ۳۸۵ میلی‌متر برآورد شده‌است و کاربری زراعی و مرتعی دارد. ارتفاع حداقل و حداکثر به ترتیب ۲۲۹ و ۵۶۶ متر بالاتر از سطح دریا است. ضمناً در شکل ۱، موقعیت محدوده‌ی موردمطالعه همراه با پراکنش پایپینگ‌ها بیان شده‌است.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019



شکل ۱: نقشه‌ی موقعیت حوزه‌ی آبخیز ایکی‌آغزلی در حوزه‌های آبریز استان گلستان به همراه پایپینگ‌های موردمطالعه.

۲-۲- روش انجام تحقیق

روش‌های مورداستفاده در تحقیق حاضر با توجه به نوع و ماهیت آن، مبتنی بر به‌کارگیری روش‌های کتابخانه‌ای، میدانی و آزمایشگاهی است. پس از تعیین محدوده‌ی موردمطالعه، داده‌ها و نقشه‌های پایه از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان تهیه شد. سپس با پیمایش میدانی و استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰، تصاویر گوگل ارث و ماهواره‌ای و دستگاه تعیین موقعیت جغرافیایی (GPS)، به سرشماری پایپینگ‌ها و ثبت موقعیت مکانی آنها پرداخته شد. همچنین از دستگاه پنترولوگر (مقاومت سنج) برای اندازه‌گیری مقاومت خاک در داخل و مجاورت پایپینگ استفاده شد. نمونه‌برداری خاک از عمق ۵-۰ سانتی‌متری در داخل و مجاورت پایپینگ (۱۰۲ موقعیت) و مناطق بدون پایپینگ (۳۰ موقعیت)، به‌منظور استفاده از رگرسیون لجستیک انجام شد. همچنین ابعاد پایپینگ‌ها نیز به کمک شاخص و متر اندازه‌گیری شد، سپس فاصله‌ی آنها نسبت به عوارض خطی شامل فاصله از خط‌القعر، خط‌الرأس و جاده ثبت شد. علاوه بر آن، شکل پایپینگ، شکل دامنه و جهت جغرافیایی منطقه‌ی دارای پایپینگ نیز تعیین شد. شکل شماره‌ی ۲، بخشی از حوزه‌ی موردتحقیق و پایپینگ‌های آن را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

شکل ۲: نمایی از منطقه‌ی موردمطالعه، مرکز و شمال شرق حوضه (۹۴/۱۲/۴).

پس از نمونه‌برداری خاک از مناطق تعیین شده، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها اندازه‌گیری شد. موارد اندازه‌گیری شده شامل مقاومت خاک، مواد آلی، اسیدیته، هدایت الکتریکی، وزن مخصوص ظاهری، نسبت جذب سدیم، سدیم تبادلی و تخلخل نمونه‌ها است. در این تحقیق هدایت الکتریکی توسط دستگاه EC متر، اسیدیته توسط دستگاه pH متر، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه‌ای، بافت خاک به روش هیدرومتری، نسبت جذب سدیم از روش فلیم‌فتومتری و کربن آلی به روش والکی‌بلاک محاسبه شد. در ادامه نیز برای ایجاد پایگاه اطلاعاتی ویژگی‌های خاک، ابعاد و شکل پایپینگ، فاصله‌ی عوارض، پردازش داده‌ها و تجزیه و تحلیل‌ها و تعیین مدل آماری همچنین تهیه‌ی نقشه به‌منظور دستیابی به اهداف تحقیق، از نرم‌افزارهای مربوط نظیر Excel، SPSS 22، SAS 9 و R 3.2 استفاده شد.

۲-۳- تحلیل آمار کلاسیک

برای ارزیابی تأثیر پارامترهای کمّی فیزیکی و شیمیایی خاک بر فرسایش پایپینگ، ابتدا طرح تکراری چندگانه ـ که تعمیمی از آزمون t زوجی است ـ انجام شد. این تحلیل بر اساس آماره‌ی ویلکس[۱] صورت می‌گیرد. این روش یک روش چندمتغیره است که فرض برابری میانگین‌های چندگانه را ارزیابی می‌کند. سپس در صورت معنی‌داری آزمون، مقایسات t زوجی مربوطه برای هر پارامتر به صورت جداگانه انجام شد (Rencher, 2003).

با توجه به تعداد زیاد پارامترها، از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای خلاصه‌سازی و گروه‌بندی این پارامترها در گروه‌های مرتبط استفاده شد و سرانجام مقایسات زوجی بر حسب مؤلفه‌های اصلی انجام گرفت. برای مقایسه‌ی کاربری‌های زمین زراعی و مرتع از لحاظ پارامترهای کمّی مختلف، ابتدا با روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی تعداد پارامترها کاهش داده شد، سپس مقایسات براساس مؤلفه‌های اصلی انجام گرفت. برای مقایسه‌ی کاربری زمین زراعی و مرتعی از لحاظ پارامترهای کیفی نیز از روش آماره خی - دو استفاده شد.

[۱] Wilkś Statsitic

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

در بسیاری از پژوهش‌ها، متغیر وابسته‌ی موردمطالعه از نظر ماهیت یک متغیر کیفی است که برای برآورد رخداد هر یک از سطوح، نیازمند استفاده از رگرسیون‌های کیفی است. رگرسیون‌های با متغیر وابسته‌ی کیفی انواع مختلفی دارد که با توجه به ماهیت متغیر وابسته تعیین می‌شود. اگر متغیر وابسته دو مقداری (dichotomous) باشد، رگرسیون لجستیک برای بیان پیش‌بینی استفاده می‌شود. در بررسی تأثیر پارامترهای مختلف کمّی و کیفی بر پیدایش پایپینگ، از رگرسیون لجستیک با متغیر پاسخ دوگانه استفاده شد. متغیر پاسخ در این رگرسیون نیز مقادیر ۱ و ۰ را به ترتیب برای وجود و عدم وجود پایپینگ در نظر می‌گیرد. همچنین برای بررسی تأثیر پارامترهای مختلف کمّی و کیفی بر خطر[۱] پایپینگ‌ها نیز از رگرسیون لجستیک با متغیر پاسخ چندگانه استفاده می‌شود. متغیر پاسخ در این رگرسیون، مقدار ۰ را برای عدم وجود پایپینگ و مقادیر ۱ تا ۴ را برای خطر کم تا خیلی زیاد در نظر می‌گیرد.

۱-۳-۲- رگرسیون لجستیک با متغیر پاسخ دوگانه

در این رگرسیون، رابطه‌ی چند متغیر مستقل کمّی و کیفی با یک متغیر پاسخ دوگانه موردبحث قرار می‌گیرد. مدل رگرسیون لجستیک به‌صورت رابطه‌ی شماره‌ی ۱ قابل محاسبه است.

$$\log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_k X_k + \varepsilon$$ رابطه‌ی ۱

در این رابطه x_k، ...، x_1 متغیرهای مستقل و پیش‌بینی‌کننده و β_k، ...، β_1، β_0 ضرایب آنها و $\log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right)$ کمیت لجیت نام گرفته‌است. π در لجیت میزان احتمال مشاهده‌ی مقدار $y = 1$ یا رخ داد پیش‌آمد و $1 - \pi$ احتمال مشاهده‌ی $y = 0$ یا عدم رخ‌داد پیش‌آمد است. مقدار $\frac{\pi}{1-\pi}$ نیز نسبت بخت‌ها نام‌گذاری شده‌است. هدف اصلی رگرسیون لجستیک، پیش‌بینی رخ‌داد یا عدم رخ‌داد یک پیش‌آمد بر حسب مقادیر مشاهداتی از متغیرهای مستقل است.

۱-۳-۲- رگرسیون لجستیک با متغیر پاسخ چندگانه

در این رگرسیون، برای متغیر پاسخ نیز بیش از دو حالت امکان‌پذیر است. روش کار این رگرسیون بدین‌صورت است که ابتدا یک سطح به‌عنوان کنترل‌کننده، سپس چند مدل رگرسیون دوگانه برای هر سطح نسبت به سطح کنترل در نظر گرفته می‌شود. فرض کنید سطح اول به عنوان کنترل در نظر گرفته شود، در این صورت خواهیم داشت.

$$\log\left(\frac{\pi_i}{1-\pi_1}\right) = \beta_{i0} + \beta_{i1} X_1 + \cdots + \beta_{ik} X_k + \varepsilon_i$$ رابطه‌ی ۲

ذکر این امر لازم است که i، سطح متغیر پاسخ را نشان می‌دهد؛ به عبارت دیگر، اگر متغیر پاسخ m سطح داشته باشد برای آن m-1 رگرسیون لجستیک دوگانه نسبت به سطح کنترل نوشته می‌شود. مقدار نسبت بخت سطح i ام در این حالت، یعنی $\frac{\pi_i}{1-\pi_1}$ رخ داد سطح i ام را نسبت به سطح کنترلی نشان می‌دهد.

[۱] خطر به معنی یک شرایط مضر با درجه بزرگی معین، در زمان و مکان خاص است و درواقع خود آن یک حادثه نمی‌باشد.

www.SID.ir

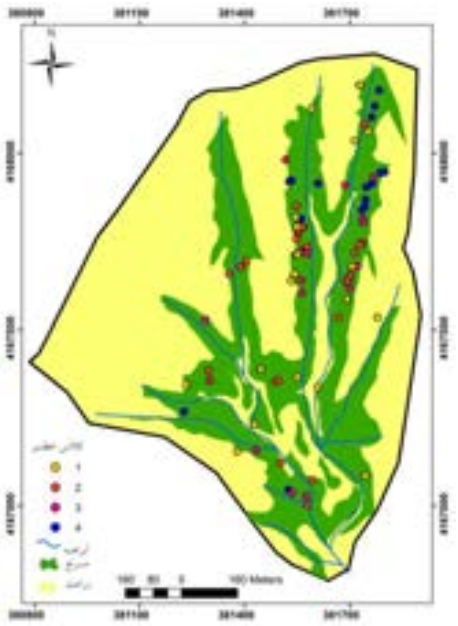
Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

۳- یافته‌ها (نتایج)

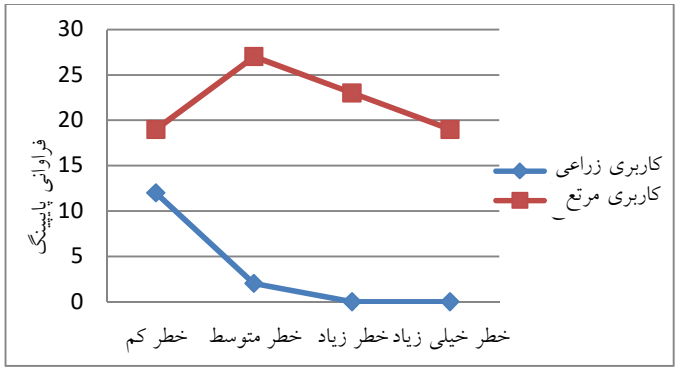
۳-۱- کلاس‌های خطر پایپینگ به ازای هر پایپینگ در کاربری مختلف

کلاس‌های خطر پایپینگ به ازای هر پایپینگ در کاربری‌های مختلف، در شکل ۳ آورده شده‌است. در این مطالعه، خطر پایپینگ برای انسان و دام بر اساس عمق پایپینگ‌ها محاسبه شد. همان طوری که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، کلاس خطر خیلی زیاد (بیش از چهار متر) بیشتر در کاربری مرتع قرار گرفته‌است. تعداد فراوانی کلاس‌های خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد در محدوده‌ی موردمطالعه نیز به ترتیب ۳۱، ۲۹، ۲۳ و ۱۹ بوده‌است.



شکل ۳: کلاس‌های مختلف خطر پایپینگ در کاربری‌های مختلف.

مقایسه‌ی شدت خطر پایپینگ در دو کاربری اراضی زراعی و مرتعی نشان می‌دهد که اراضی زراعی از نظر پایپینگ عمدتاً در کلاس خطر کم قرار دارند که علت آن را می‌توان شخم زدن زمین‌های کشاورزی و پر شدن پایپینگ‌ها دانست. اراضی مرتعی بیشتر در کلاس خطر متوسط و زیاد قرار دارد (شکل ۴).



شکل ۴: نمودار مقایسه‌ی شدت خطر در دو کاربری اراضی زراعی و مرتعی.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

کلاس‌بندی پایپینگ‌ها در این تحقیق به شرح زیر انجام شد: (عمق کمتر از ۱ متر، خطر کم؛ عمق ۲-۱/۱ متر، خطر متوسط؛ عمق ۴-۲/۱ متر خطر زیاد و عمق بیش از ۴/۱ متر، خطر خیلی زیاد).

۳-۲- مقایسه‌ی فرسایش پایپینگ در کاربری اراضی زراعی و مرتعی بر اساس ویژگی‌های کیفی و کمّی

برای مقایسه‌ی فرسایش پایپینگ در اراضی زراعی و مرتعی، ویژگی‌های کیفی و کمّی به طور جداگانه ارزیابی شد که به شرح زیر است:

ویژگی‌های کیفی: براساس آزمون خی- دو، با بررسی ارتباط فرسایش پایپینگ با دو کاربری اراضی زراعی و مرتعی در جدول شماره‌ی ۱ مشخص شد که شکل دامنه، شکل پایپینگ و بافت خاک به کاربری اراضی وابستگی ندارد. براساس آزمون خی - دو و با توجه به مقدار سطح معنی‌داری ۰/۰۰۹، بین کاربری و جهت رخداد پایپینگ رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد. همچنین بر اساس آزمون خی- دو و مقدار معنی‌داری ۰/۰۱۷ مشخص شد که بین کاربری و درصد شیب زمین نیز رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد. یادآوری این امر لازم است که درصد شیب به چهار کلاس طبقه‌بندی و به‌صورت یک متغیر کیفی در نظر گرفته شد (پایپینگ‌ها در مرتع در شیب‌های بالا و در زراعت در شیب‌های پایین تشکیل شده‌اند). از لحاظ شاخص خطر و رابطه‌ی آن با کاربری، آزمون خی- دو انجام شد. با توجه به جدول ۱ و مقدار معنی‌داری ۰/۰۰۰۰۱ مشخص شد که در کاربری مرتع، اکثر پایپینگ‌ها در کلاس ریسک[1] خطر بالا قرار دارند (عمیق‌تر از چهار متر). پایپینگ‌های موجود در اراضی زراعی در کلاس ریسک خطر پایین (کم‌عمق‌تر از دو متر) واقع شده‌اند؛ بنابراین، بین کاربری اراضی و ریسک خطر رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد (در کاربری مرتع، خطر زیاد و در کاربری زراعی، خطر کم وجود دارد).

جدول ۱: مقایسه‌ی دو کاربری اراضی زراعی و مرتعی براساس ویژگی‌های کیفی

	مقدار خی- دو	مقدار معنی‌داری
شکل پایپینگ	۱/۹۴	۰/۷۴۸
شکل دامنه	۱/۸۵۳	۰/۳۹۴
جهت جغرافیایی	**۱۶/۹۵۳	۰/۰۰۹
بافت خاک	۰/۱۳	۰/۷۸۰
خطر	**۲۴/۱۶۵	۰/۰۰۰۰۱
درصد شیب	*۶/۳۲	۰/۰۱۷

ویژگی‌های کمّی: برای مقایسه دو نوع کاربری مرتعی و زراعی از لحاظ ویژگی‌های کمّی، ابتدا این ویژگی‌ها با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی دسته‌بندی شد. بر اساس روش مؤلفه‌های اصلی، هشت مؤلفه پیشنهاد شد که تقریباً ۸۹ درصد از فرسایش‌های تونلی منطقه را دربرمی‌گرفت (جدول ۲) که شامل مؤلفه‌های زیر است:

مؤلفه‌ی اول: میزان نسبت جذب سدیم در داخل و بیرون از پایپینگ و درصد سدیم تبادلی در داخل و بیرون پایپینگ (سدیم)، **مؤلفه‌ی دوم:** مقدار وزن مخصوص ظاهری و میزان تخلخل خاک در داخل و بیرون پایپینگ (تراکم

[1] شانس (احتمال) منجر شدن یک خطر به حادثه یا سانحه است.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

خاک)، **مؤلفه‌ی سوم:** مقدار حجم و وزن تلفات خاک در داخل پایپینگ (تلفات خاک)، **مؤلفه‌ی چهارم:** مقدار مواد آلی در داخل و بیرون پایپینگ (مواد آلی)، **مؤلفه‌ی پنجم:** مقدار شوری در داخل و بیرون از پایپینگ (هدایت الکتریکی)، **مؤلفه‌ی ششم:** مقدار اسیدیته خاک در داخل و بیرون از پایپینگ، **مؤلفه‌ی هفتم:** مقدار مقاومت خاک در داخل و بیرون پایپینگ (مقاومت خاک) و **مؤلفه‌ی هشتم:** مقدار عمق و مقدار قطر برای هر پایپینگ و فاصله‌ی هر پایپینگ از خط‌الرأس (موقعیت مکانی پایپینگ).

جدول ۲: مقایسه‌ی دو کاربری اراضی زراعی و مرتعی براساس میانگین ویژگی‌های کمّی (داخل پرانتز انحراف معیار استاندارد)

مؤلفه	کاربری مرتع	کاربری زراعی	اختلاف میانگین
سدیم (٪)	۰/۰۵۴ (۱/۰۵۵)	-۰/۳۴۲ (۰/۴۱۰)	۰/۳۹۷
تراکم خاک (gr/cm^3)	-۰/۰۷۴ (۰/۸۷۷)	۰/۴۷۰ (۱/۵۲۷)	-۰/۵۴۴
تلفات خاک (تن در هکتار)	۰/۰۴۶ (۱/۰۶۷)	-۰/۲۹۴ (۰/۱۹۹)	۰/۳۴۱
مواد آلی (٪)	۰/۰۴۱ (۰/۹۹۵)	-۰/۲۶۳ (۱/۰۲۵)	۰/۳۰۵
هدایت الکتریکی (dS/m)	-۰/۰۰۴ (۰/۹۶۳)	۰/۰۳۰ (۱/۲۴۵)	-۰/۰۳۵
اسیدیته (pH)	۰/۰۲۰ (۱/۰۵۵)	۰/۱۲۸ (۰/۵۴۶)	-۰/۱۴۹
مقاومت خاک (Pa)	۰/۰۰۳۸ (۱/۰۲۹)	-۰/۰۲۴ (۰/۸۱۹)	۰/۰۲۸
موقعیت مکانی پایپینگ (متر)	۰/۰۹۱ (۰/۹۳۱)	-۰/۵۷۵ (۱/۲۴۳)	*۰/۶۶۸

۳-۳- مقایسه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در داخل و بیرون پایپینگ

برای مقایسه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک داخل و مجاور پایپینگ، از روش آنالیز واریانس طرح تکراری چندگانه استفاده شد. با توجه به اینکه آماره ویلکس در این روش معادل ۰/۰۰۰۰۰۱ است، نتایج از اختلاف معنی‌دار خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در داخل و خارج پایپینگ حکایت دارد. مقایسات زوجی پارامترها به تفکیک در جدول ۳ آورده شده‌است. با توجه به جدول مربوطه، تمامی خصوصیات موردمطالعه در داخل و بیرون پایپینگ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (تذکر: مقادیر داخل پرانتز معرف انحراف معیار است).

جدول ۳: مقایسه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

پارامتر	داخل پایپینگ	خارج پایپینگ	اختلاف میانگین‌ها
مقاومت خاک (pa)	۲۲۲۴/۶۹۶۱ (۱۷/۰۳)	۲۴۳۴/۳۷۲۵ (۲۰/۳۷)	**-۱۸۸/۶۷۶۴
مواد آلی (٪)	۱/۷۶۲۹ (۰/۰۰۶۶)	۱/۷۷۷۵ (۰/۰۰۶۰)	**-۰/۰۱۴۶
اسیدیته (pH)	۷/۷۵ (۰/۰۳۴۷۱)	۷/۵۴۰۲ (۰/۰۳۲۷۴)	** ۰/۲۰۹۸
هدایت الکتریکی (dS/m)	۱/۰۲۲۲ (۰/۰۸۵)	۰/۹۲۰۵ (۰/۰۷۵)	** ۰/۱۰۱۷
وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	۱/۱۲۳۲ (۰/۰۱۹۶۳)	۱/۱۹۹۷ (۰/۰۱۴۲۵)	**-۰/۰۷۶۵
نسبت جذب سدیم (mEq/l)	۰/۸۳۳۸ (۰/۰۶۰۶۸)	۰/۸۰۷۲ (۰/۰۵۹۸۴)	** ۰/۰۲۶۶
سدیم تبادلی (٪)	۱/۲۲۹۹ (۰/۰۸۳۹۱)	۱/۱۲۲۴ (۰/۰۶۷۷۴)	* ۰/۱۰۷۵
تخلخل (٪)	۵۷/۶۱۴۱ (۰/۷۴۰۹۴)	۵۴/۷۲۸۳ (۰/۵۳۷۶۱)	** ۲/۸۸۵۸

** مقدار معنی‌داری سطح ۱ درصد و * مقدار معنی‌داری در سطح ۵ درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

۱-۳-۳- مقایسه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (داخل و خارج پایپینگ) با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA[1])

برای خلاصه‌سازی داده‌ها و تعریف متغیرهای کنترلی، از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. چهار مؤلفه‌ی اصلی زیر شناسایی شد که این مؤلفه‌ها حدود ۸۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کند. مقایسه‌ی زوجی آنالیز مؤلفه‌های اصلی در جدول ۴ بیان شده که شامل موارد زیر است:

مؤلفه‌ی اول: شامل درصد تخلخل و وزن مخصوص ظاهری خاک (تراکم خاک)، **مؤلفه‌ی دوم:** نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبادلی (سدیم)، **مؤلفه‌ی سوم:** مقاومت خاک و درصد مواد آلی (چسبندگی خاک) و **مؤلفه‌ی چهارم:** شامل هدایت الکتریکی خاک و اسیدیته (خصوصیات الکترولیتی).

جدول ۴: نحوه‌ی اختلاف بین مؤلفه‌های اصلی در داخل و خارج پایپینگ

مؤلفه‌های اصلی	داخل پایپینگ	خارج پایپینگ	اختلاف میانگین‌ها
تراکم خاک	۰/۲۲۲۵ (۰/۱۱۰۲)	-۰/۲۲۲۵ (۰/۰۸۱۱)	۰/۴۴۵ **
سدیم	۰/۰۲۳۲۸ (۰/۱۰۶۶)	-۰/۰۲۳۲۸ (۰/۰۹۱۲۵)	۰/۰۴۶۵۶
چسبندگی خاک	-۰/۳۵۷۰۵ (۰/۰۹۱۷۵)	۰/۳۵۷۰۵ (۰/۰۹۳۶۰۶)	-۰/۷۱۴۱ **
خصوصیات الکترولیتی	۰/۲۴۰۳۷ (۰/۱۰۱۱۳)	-۰/۲۴۰۳۷ (۰/۰۹۱۰۶)	۰/۴۸۰۷۴ **

۴-۳- رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی وجود یا عدم وجود پایپینگ در منطقه‌ی موردمطالعه

برای پیش‌بینی وجود یا عدم وجود پایپینگ براساس ویژگی‌های ثبت‌شده در منطقه، از رگرسیون لجستیک با دو متغیر پاسخ استفاده شد. متغیر پاسخ اول، متغیر دوتایی که تنها وجود یا عدم وجود پایپینگ را در نظر می‌گرفت. براساس رگرسیون لجستیک دوتایی با پارامترهای پیش‌بینی‌کننده‌ی کمّی و کیفی، یک مدل مناسب با استفاده از روش گام‌به‌گام برازش داده شد. مقدار ضریب تبیین برای این مدل ۰/۶۵ محاسبه شد. متغیرهای تأثیرگذار در جدول ۵ نیز توسط مدل به ترتیب اهمیت آورده شده‌اند. متغیرهای هدایت الکتریکی، نسبت سدیم قابل‌جذب، درصد سدیم تبادلی، وزن مخصوص، مواد آلی و تخلخل، اطلاعات چندانی در مورد وجود یا عدم وجود پایپینگ‌ها گزارش نمی‌دهند، درنتیجه از مدل حذف شده‌اند.

جدول ۵: رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی وجود یا عدم وجود پایپینگ

گام	پارامترها	درجه آزادی	مقدار آماره خی- دو	مقدار سطح معنی‌داری
۱	کاربری اراضی	۱	۳۷/۶۷۷۲ **	<۰/۰۰۰۱
۲	مقاومت خاک	۱	۲۳/۴۶۲۷ **	<۰/۰۰۰۱
۳	جهت جغرافیایی	۶	۲۵/۰۲۴۱ **	۰/۰۰۰۳
۴	شکل دامنه	۲	۲۰/۰۱۰۶۴ **	<۰/۰۰۰۱
۵	درصد شیب	۳	۱۰/۹۷۸۶ *	۰/۰۱۱۸
۶	اسیدیته	۱	۱۱/۲۰۱۷ **	۰/۰۰۰۸

[1]. Principle Component Analysis

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

برای اعتبارسنجی مدل ذکر شده، مقادیر برازش شده‌ی مدل برای متغیر پاسخ به همراه مقادیر مشاهداتی در جدول ۶ آورده شده‌است. مدل مربوطه مشاهداتی را که در آنها پایپینگ وجود داشته با ۹۹ درصد و نمونه‌هایی را که در آنها پایپینگ وجود نداشته با ۹۶/۷ درصد، درست پیش‌بینی کرده‌است. این جدول نشان می‌دهد که مدل در تفکیک نمونه‌هایی که پایپینگ در آنها وجود داشته یا نداشته، بسیار خوب عمل می‌کند.

جدول ۶: اعتبارسنجی مدل برای پیش‌بینی وجود یا عدم وجود پایپینگ

	غیر پایپینگ	پایپینگ	درصد اعتبارسنجی
غیر پایپینگ	۲۹	۱	۹۶/۷
پایپینگ	۱	۱۰۱	۹۹
			۹۸/۵

۵-۳- رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی خطر پایپینگ

براساس رگرسیون لجستیک چندتایی با پارامترهای پیش‌بینی‌کننده‌ی کمّی و کیفی نیز یک مدل مناسب برازش داده شد. متغیر پاسخ دوم، یک متغیر چندتایی با مقادیر ۰= عدم وجود پایپینگ، ۱= پایپینگ با خطر کم، ۲= پایپینگ با خطر متوسط، ۳= پایپینگ با خطر زیاد و ۴= پایپینگ با خطر خیلی زیاد است. برای گزینش متغیرهای تأثیرگذار، از روش گام‌به‌گام استفاده شد. جدول شماره‌ی ۷، متغیرهای تأثیرگذار شناسایی‌شده توسط مدل را نشان داده که به ترتیب اهمیت گزارش شده‌اند. مقدار ضریب تبیین برای این مدل ۰/۶۰ محاسبه شد. متغیرهای هدایت الکتریکی، نسبت سدیم قابل‌جذب، درصد سدیم تبادلی، وزن مخصوص، اسیدیته، درصد شیب، مواد آلی و تخلخل، اطلاعات چندانی در مورد وجود یا عدم وجود پایپینگ‌ها گزارش نمی‌دهند، درنتیجه از مدل حذف شده‌اند.

جدول ۷: رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی خطر پایپینگ

گام	پارامتر	درجه آزادی	مقدار آماره خی - دو	مقدار معنی‌داری
۱	کاربری اراضی	۱	۴۷/۱۶۹۷**	<۰/۰۰۱
۲	مقاومت خاک	۱	۱۰/۹۶۳۴**	۰/۰۰۰۹
۳	فاصله از آبراهه	۱	۹/۰۹۶۹**	۰/۰۰۲۶
۴	جهت جغرافیایی	۶	۱۴/۸۷۴۱*	۰/۰۲۱۳
۵	شکل دامنه	۲	۸/۳۴۹۱	۰/۰۶۵۴

برای اعتبارسنجی مدل ذکر شده، مقادیر برازش شده‌ی مدل برای متغیر پاسخ به همراه مقادیر خطر پایپینگ در جدول ۸ مشخص شده‌است.

همان گونه که از جدول ۸ مشخص است، مدل برازش شده در شناسایی نمونه‌های غیر پایپینگ در ۹۳ درصد حالت‌ها موفق بوده و در حالت کلاس‌های مختلف خطر در حدود ۵۷ درصد شناسایی موفقی داشته‌است. علت این خطا در کلاس‌های خطر را می‌توان به دلیل نزدیکی کلاس‌های خطر یا نیاز به دقت بیشتر در تعریف این کلاس‌ها و تعداد کم نمونه‌ها در هر کلاس دانست.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸: اعتبارسنجی مدل وجود یا عدم وجود پایپینگ همراه مقادیر خطر پایپینگ

	عدم وجود	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	درصد اعتبارسنجی
عدم وجود	۲۸	۰	۰	۰	۲	۰/۹۳
کلاس ۱	۰	۱۹	۷	۲	۳	۰/۶۱
کلاس ۲	۱	۴	۱۹	۵	۰	۰/۶۵
کلاس ۳	۰	۴	۶	۱۱	۲	۰/۴۸
کلاس ۴	۱	۱	۶	۱	۱۰	۰/۵۳

۴- بحث و نتیجه‌گیری

۴-۱- مقایسه‌ی دو کاربری اراضی زراعی و مرتعی براساس ویژگی‌های کیفی و کمّی

با توجه به جدول شماره‌ی ۲ با استفاده از آزمون t برای هر مؤلفه مشخص شد که کاربری‌های اراضی زراعی و مرتعی تنها از لحاظ مؤلفه‌ی اصلی هشتم یعنی مختصات پایپینگ ـ که شامل عمق و قطر پایپینگ و فاصله از خطالرأس است ـ اختلاف معنی‌داری دارد (اختلاف میانگین ۰/۶۶۸). از آنجا که مقدار این مؤلفه در کاربری مرتع بیش از کاربری زراعی است، می‌توان این اختلاف را ناشی از قطر و عمق بیشتر پایپینگ‌ها در کاربری مرتع و فاصله‌ی کمتر آنها از خطالرأس تفسیر کرد (متوسط عمق پایپینگ‌ها در کاربری مرتع ۳/۳ متر و در کاربری زراعت ۰/۸ متر محاسبه شد). بنابراین در کاربری زراعت در هنگام عملیات کشاورزی، پایپینگ‌هایی که در مرحله‌ی اولیه‌ی تشکیل هستند در صورت آشکار شدن توسط کشاورزان پر می‌شود و جلوگیری از روند توسعه‌ی آنها گرفته صورت می‌گیرد؛ به عبارتی، با توجه به اینکه کل محدوده‌ی موردمطالعه پوشیده از نهشته‌های لسی است با تغییر کاربری موجود، مؤلفه‌های اصلی موردنظر تفاوت معنی‌داری ندارد.

با مقایسه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی داخل و مجاور پایپینگ‌ها مشخص شد که انحراف معیار داده‌ها در مواد آلی بسیار کوچک است، کوچک‌ترین اختلاف به معنی‌داری در داخل و بیرون پایپینگ منجر شده‌است (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که مقاومت خاک، مواد آلی و وزن مخصوص ظاهری از خارج به داخل پایپینگ کاهش و همچنین اسیدیته، هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم تبادلی و تخلخل افزایش یافته‌است؛ بنابراین، تمام خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک موردمطالعه در داخل و بیرون پایپینگ با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارد. با توجه به جدول ۴ (اختلاف مؤلفه‌های داخل و خارج پایپینگ) نیز مؤلفه‌ی چسبندگی خاک شامل مواد آلی و مقاومت در سطح ۱ درصد با فرسایش رابطه‌ی معکوس معنی‌داری دارد؛ اما بین داخل و خارج پایپینگ‌ها از لحاظ مؤلفه‌ی سدیم، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین مؤلفه‌ی تراکم خاک شامل درصد تخلخل و وزن مخصوص ظاهری خاک و مؤلفه‌ی خصوصیات الکترولیتی شامل اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک، دارای اثر معنی‌داری مثبت در سطح ۱ درصد است و با فرسایش، رابطه‌ی مستقیم دارد. این مهم با نتایج Bernatek-Jakiel و همکاران (۲۰۱۶) که تخلخل بالاتر از (۱۵-۲۰) درصد و چگالی پایین‌تر از (۰/۳-۱/۸) گرم بر سانتی‌مترمکعب را در پدیدار شدن پایپینگ‌ها مؤثر دانسته‌اند، هم‌سو است.

www.SID.ir
Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

Archive of SID

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

به‌طورکلی، عوامل مؤثر بر ایجاد پایپینگ را می‌توان فعالیت‌های بیولوژیکی و خواص فیزیکی خاک مانند بافت (سیلتی)، وزن مخصوص ظاهری کم و تخلخل بالا همراه با نفوذ آب و رواناب سطحی شدید در منطقه‌ی موردمطالعه نام برد. Sofi (۲۰۱۲) اشاره کرده که ۹۸٪ تغییرات در قطر پایپینگ‌ها در زمینه‌ی دو عامل سیلت و مواد آلی است؛ بنابراین، محققان در مکان‌های مختلف، رفتار مختلف خصوصیات خاک را در فرسایش پایپینگ بیان کرده‌اند که این مورد را می‌توان به پیچیدگی تشکیل رخداد پایپینگ یا لحاظ کردن اثرات توأم عوامل مختلف تعمیم داد.

۴-۲- رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی وجود یا عدم وجود پایپینگ در منطقه‌ی موردمطالعه

با توجه به جدول ۵ مشخص می‌شود که برای بررسی احتمال رخداد پایپینگ در یک مکان مشخص، به اطلاعات مربوط به نوع کاربری اراضی، مقاومت خاک، جهت جغرافیایی، شکل دامنه، درصد شیب و اسیدیته آن مکان نیاز است. کاربری، مقاومت خاک، اسیدیته، شکل دامنه‌ی شیب و جهت جغرافیایی در سطح ۱ درصد در رخداد پایپینگ معنی‌دار بوده‌است. درصد شیب نیز در سطح ۵ درصد در آشکار شدن این رخساره‌ی فرسایشی معنی‌دار است. این حقیقت با نتایج Dadkhah (۲۰۰۶) که شکل‌گیری و شدت گسترش فرسایش پایپینگ را به شیب و جهت دامنه‌ی اراضی وابسته دانسته‌اند، همخوانی دارد. همچنین Zand-Moghaddam (۲۰۰۷)، فرسایش پایپینگ را ناشی از درصد کم مواد آلی در نهشته‌های لسی، به‌کارگیری شیوه‌های غلط کشاورزی و دامداری می‌داند که با از بین رفتن پوشش گیاهی، به سله بستن سطح خاک و فراهم شدن شرایط انحلال و درنهایت شکل‌گیری فرسایش پایپینگ منجر می‌شود؛ لذا می‌توان اظهار کرد که با توجه به کاربری زراعی و نهشته‌های لسی در این مطالعه، نتایج این تحقیق را می‌توان با وی یکسان قلمداد کرد.

۴-۳- رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی خطر پایپینگ

در مورد استفاده از رگرسیون لجستیک چندتایی، سابقه‌ی تحقیقی راجع به رخداد فرسایش پایپینگ و عوامل مؤثر در آن وجود نداشت. براساس رگرسیون لجستیک چندتایی با پارامترهای پیش‌بینی‌کننده‌ی کمّی و کیفی، یک مدل مناسب برازش داده شده‌است. برای گزینش متغیرهای تأثیرگذار، از روش گام‌به‌گام استفاده شد. متغیرهای تأثیرگذار به ترتیب اولویت عبارتند از: کاربری اراضی، فاصله از آبراهه و مقاومت خاک که در سطح ۱ درصد و جهت جغرافیایی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. Verachtert و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای در مورد مدل‌سازی مکانی ایجاد پایپینگ، به مدل پیش‌بینی کمّی مناسبی برای پایپینگ‌ها دست نیافتند.

منطقه‌ی موردمطالعه دارای دو نوع کاربری اراضی زراعی و مرتعی بود که از نظر تعداد پایپینگ، عمق و میزان تلفات وزنی و حجمی بسیار متفاوت است. از نظر کاربری اراضی نیز ۸۶٪ از پایپینگ‌ها در کاربری مرتعی قرار دارد که این بخش از تحقیق با نتایج Verachtert و همکاران (۲۰۱۰) در مرکز بلژیک ــ که ۹۷٪ پایپینگ‌ها را در مرتع و چراگاه گزارش داده‌اند ــ تقریباً هم‌سو است. همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در داخل و مجاورت پایپینگ، به روش آنالیز واریانس طرح تکراری چندگانه مقایسه شد. برای خلاصه‌سازی این داده‌ها و تعریف متغیرهای کنترلی، از روش مؤلفه‌های اصلی استفاده شد که این مؤلفه‌ها حدود ۸۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد. با استفاده از مدل لجستیک در مطالعه‌ی حاضر، شکل مقعر دامنه و توپوگرافی منطقه به عنوان مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده‌ی فرسایش پایپینگ تعیین شد. همچنین با نزدیک شدن به آبراهه‌ها، احتمال وجود پایپینگ‌ها نیز افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

می‌یابد. نتایج رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی ایجاد پایپینگ نیز نشان داد که عواملی نظیر کاربری اراضی، درصد شیب، شکل دامنه، جهت جغرافیایی و مقاومت خاک، نقش مهمی در ایجاد پایپینگ ایفا می‌کند؛ به ویژه در جاهایی که پایپینگ وجود ندارد. پس این پارامترها باید در برنامه‌های مدیریتی لحاظ شود.

منابع

1. Agheli Kohne-Shahri, L.A., 2006. Estimation of the economic impact of soil erosion in Iran, *Jornal of economic research*, 5(15), 87-100. (in Persian)
2. Bayramin, I.; Dengiz, O.; Başkan, O.; & M. Parlak, 2003. Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazarı area, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27 (2), 105-116.
3. Bernatek-Jakiel, A.; Kacprzak, A.; & M. Stolarczyk, 2016. Impact of soil characteristics on piping activity in a mountainous area under a temperate climate (Bieszczady Mts., Eastern Carpathians), *Catena*, 141, 117-129.
4. Bonelli, S.; Brivois, O.; Borghi, R.; & N. Benahmed, 2006. On the modelling of piping erosion, *Comptes Rendus Mécanique*, 334 (8-9), 555-559.
5. Dadkhah, M., 2006. Formation and expansion of gully erosion in loess of Arab Ghare-Haji basin (North East of Gonbad Kavoos), MSc Thesis. Faculty of Geosciences, Shahid Beheshti University, 185p. (in Persian)
6. Fleshman, M.S., & J.D. Rice., (2014). Laboratory modeling of the mechanisms of piping erosion initiation, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 140 (6).
7. Rencher, A.C., 2003. Methods of multivariate analysis (Vol. 492), John Wiley & Sons.
8. Rezai., H.; Lashkarpor, G.; Rahnama-Rad, J.; & R. Pirandokht., 2011. Assessment the Loess of Golestan province, according to Engineering Geology, *Journal of Applied Geology*, 7 (1), 29-40. (in Persian)
9. Isaee, H.; Charkhabi, A.H.; Khaje, M.; & H. Etraf, 2005. Investigation of physical and chemical properties of loess soils with erosion forms in Gorganroud and Atrak basins in Golestan province, 3rd Erosion and Sediment National Conference. (in Persian)
10. Karim-por reyhan, M.; Mashhadi, N.; & G. Zahmatkesh., 2003. Investigating the physical and chemical properties of the upper red formation in the creating and developing of piping erosion, Journal of Desert, 8 (1), 64-87. (in Persian)
11. Maghsodi, M., & H. Habibi., (2009). Soil erosion zonation and sediment estimation in Maryam-Neghar watershed using experimental models, *Journal of Researches in Earth Sciences*, 1, 37-42. (in Persian)
12. Mashhadi, N., 2000. Study of pseudo-karst forms with emphasis on piping erosion (Case study: South Semnan), *Journal of Desert*, 5, 51-64. (in Persian)
13. Sofi, M., 2012. The mechanism of creating and extending piping erosion in Lamard, Fars province, Research project report-Soil conservation and watershed management research institute. (in Persian)
14. Verachtert, E.; Van Den Eeckhaut, M.; Poesen, J.; & J. Deckers, 2010. Factors controlling the spatial distribution of soil piping erosion on loess-derived soils: A case study from central Belgium, *Journal of Geomorphology*, 118 (3), 339-348.
15. Verachtert, E.; Maetens, W.; Van Den Eeckhaut, M.; Poesen, J.; & J. Deckers, 2011. Soil loss rates due to piping erosion, *Earth Surface Processes and Landforms*, 36 (13), 1715-1725.
16. Wilson, G.V.; Rigby, J.R.; & S.M. Dabney, 2015. Soil pipe collapses in a loess pasture of Goodwin Creek watershed, Mississippi: role of soil properties and past land use, *Earth Surface Processes and Landforms*, 40 (11), 1448-1463.

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

www.SID.ir

Archive of SID

17. Yamani, M., & M. Akbaryan., (2013). The effect of sedimentary features on the development of piping erosion in the Felish Makran Formation (Case Study: Jask County), Journal of Geography and Environmental Hazards, 7, 1-17. (in Persian)
18. Zand-Moghaddam, M., 2007. Geomorphology of loess in south and east of Agh-band. PHD Thesis, Science and Research Unit of Tehran, Islamic Azad University. 320p. (in Persian).

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

www.SID.ir

Archive of SID

Modeling of soil piping erosion in loess regions

Alireza Jalalifard: MSc Student, Department of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Mohsen Hosseinalizadeh[1]: Assistant Professor, Department of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
Chooghi Bairam Komaki: Assistant Professor, Department of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
Majid Azimmohseni: Associate Professor, Department of Statistics, University of Golestan

Article History (Received: 2018/01/26 Accepted: 2019/02/28)

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

Extended abstract

1- Introduction

Piping erosion is one of the common water erosions usually occurs in soil with low infiltration and soluble minerals that finally changes landscape. Different factors control its occurrence and development. To predict piping occurrence/hazard through modeling, effective factors should be prioritized and considered as inputs of the model. The present study has performed through field survey for piping erosion across the Iky Aghzly watershed with an area of 105 ha lead to recording of about 102 pipes (≤1 pipe per ha). This study aims to detect the locations of piping erosion via the modeling of logistic regression.

2- Methodology

In order to perform this research, all of the piping erosions in the study area were surveyed and their morphometric characteristics were recorded, and the sampling of the topmost 5 cm of soil was taken from inside and outside of the pipes. Then the principal comparison analysis (PCA) was used. To compare piping erosion in rangeland and cropland, X^2 test and PCA were used. Additionally, the PCA and multivariate ANOVA were used to evaluate the main differences of the physicochemical soil properties of inner and outer sides of the pipes. Finally, the binary and multivariate logistic regression was applied to predict the existence or lack of piping's extension hazard, respectively.

3- Results

In this study, the danger of piping for humans and animals was calculated based on the depth of the pipes. Based on the results, a very high risk category (pipes with more than four meters depth) is mostly located in rangeland land use. Respectively, the amount of low risk, moderate risk, high risk and very high risk classes in the study area was 31, 29, 23 and 19. The results of comparison of piping erosion in rangeland and cropland showed that the shape of the hillslope, the shape of the piping and the soil texture are not dependent on the land use. There is also a significant relationship between the land use and direction of the piping extension at the significant level of 0.009. Based on the PCA, among few quantitative affective factors in the erosion of the piping, about 8 components were selected which contains almost 89 percent of the pipes in the study area. Comparison of the physicochemical properties of the soils showed that their means were significantly different in both inside and outside of the piping. To predict two state of the existence or lack of piping via binary logistic regression, with a quantitative and qualitative predictive parameter, a suitable model (coefficient of determination, r^2, of 0.5) was calculated. Based on a multivariate logistic regression and considering the quantitative and qualitative predictive parameters, a suitable regression model with a coefficient of determination of 0.6 was found to model the risk of piping.

[1] **Corresponding Author: mhalizadeh@gau.ac.ir**

www.SID.ir

Archive of SID

4- Discussion & Conclusions

According to the results of t-test for each component, it was determined that the land use of rangeland and cropland are significantly different only in piping coordinates. Since the amount of this component is higher in rangeland than that in cropland, this difference can be explained by the diameter and depth of the pipings in the rangeland, as well as the short proximity from the ridge. By comparing the physicochemical properties of the interior and exterior of pipings, it was found that the standard deviation of the data in the organic matter is very low, and the lowest difference is significant in the inside and outside of the piping. The results also showed that soil resistance, organic matter and bulk density decreased, as well as pH, EC, ESP, SAR, and porosity were increased. Based on binary logistic results, for the probability of a piping occurrence in a specific location to be determined, type of land use, soil resistance, geographic direction, shape of the hillslope, slope percentage, and pH is needed. In general, the factors affecting the formation of piping can be identified as biological activity and physical properties of soil such as texture (silty), low bulk density and high porosity with water penetration and severe surface runoff in the study area. The effective factors of the piping formation are land use, proximity from the waterway and soil resistance, and they are significant at 1% level. Using the logistic model in this study, the most important factors controlling piping were determined as the shape of the concave hillslope and topography of the pipe location as well as proximity from the waterways.

Key Words: Iky Aghzly, Physicochemical properties of soil, logistic regression, Loess, Piping Modeling.

Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir at 11:16 +0430 on Monday July 8th 2019

www.SID.ir