نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال هفتم- شماره ۲۲- پاییز ۱۳۹۲ Vol. 7, No. 22, Fall 2013

تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک در اثر پخش سیلاب در عرصه قره‌چریان زنجان

علیرضا واعظی[1] و اعظم حسین شاهی[2]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۵/۱۰ تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۳/۱۷

چکیده

تفاوت رسوب‌گذاری در عرصه‌های پخش سیلاب ممکن است منجر به تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک در منطقه گردد. ازاین رواین پژوهش به منظور بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک در اثر پخش سیلاب در عرصه قره‌چریان زنجان انجام گرفت. برای‌این منظور سه عرصه پخش سیلاب همراه با عرصه شاهد جهت نمونه‌برداری خاک انتخاب شد. هر کدام از عرصه‌های پخش به هشت شبکه و عرصه شاهد به سه شبکه تقسیم شد. در هر شبکه سه نیمرخ خاک حفر و از سه عمق مختلف (۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متر) نمونه‌های خاک برداشت گردید. تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک با استفاده از زمین‌آمار بررسی شد. از روش کریجینگ برای میان‌یابی مکانی بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که مقدار سیلت، رس، چگالی ویژه ظاهری، هدایت الکتریکی، پتاسیم و کربنات در اثر پخش سیلاب افزایش و مقدار شن، تخلخل، نفوذپذیری، آب قابل دسترس، واکنش (اسیدیته)، ماده آلی، آهک و ازت کاهش یافت. تنها تغییرات آب قابل دسترس، ازت، پتاسیم و بی‌کربنات در منطقه دارای ساختار مکانی بود و شعاع تأثیر آن‌ها به ترتیب ۵۱۳، ۴۵۵، ۴۳۳ و ۴۰۷ متر بود. تغییرنمای آب قابل دسترس به صورت نمایی و تغییرنمای ازت، پتاسیم و بی‌کربنات به صورت کروی مدل شد. مقدار آب قابل دسترس و ازت از شمال غرب به سمت جنوب (عرصه‌های پخش)، کاهش و مقدار پتاسیم و بی‌کربنات افزایش قابل توجهی نشان داد. از نقشه تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک می‌توان به طور قابل اطمینان در مدیریت مؤثر سیلاب در عرصه‌ها استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: رسوب‌گذاری، تغییرنما، نقشه تغییرات مکانی و قره‌چریان.

مقدمه

طی چند دهه اخیر خسارت ناشی از سیل در سراسر جهان افزایش یافته است. ازاین رو جلوگیری از پیامدهای مخرب سیلاب حائز اهمیت می‌باشد. از سوی دیگر نیاز به آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بهره‌گیری از سیلاب‌ها را به منظور تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها و توسعه منابع آبی ضروری کرده است [۳۲]. پخش سیلاب[3] عبارت از استحصال و پخش رواناب سطحی متمرکز در عرصه‌های مشخص [۲] و یکی از روش‌های مؤثر در مهار سیلاب‌ها [۳۰]، تغذیه آبخوان‌ها [۹] و جلوگیری از بیابان‌زایی [۱۹] است. تغییر ویژگی‌های خاک یکی از پیامدهای مهم پخش سیلاب در عرصه‌ها است. رسوبات موجود در جریان آب پس از پخش در سطح عرصه، به دلیل کاهش توان حمل جریان به تدریج رسوب می‌یابند. انتقال ذرات ریز و معلق به درون خاک، منجر به کاهش تخلخل [۲٤] بویژه حجم منافذ درشت آن می‌گردد. از سوی دیگرایجاد یک لایه رسوبی در سطح عرصه، عامل مهم دیگری در کاهش نفوذپذیری خاک می‌باشد. علاوه بر تأثیر پخش سیلاب بر ویژگی‌های فیزیکی خاک، حضور املاح مختلف جریان رواناب و انتقال آن‌ها به عرصه‌های پخش منجر به تغییر خصوصیات شیمیایی خاک از جمله شوری و غلظت عناصر غذایی آن می‌شود. بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که پخش سیلاب منجر به افزایش درصد ذرات رس [۲٦]، کاهش نفوذپذیری [۷]، افزایش شوری [۳٤] و کاهش اسیدیته خاک [۱۷] در عرصه‌های پخش می‌شود. بررسی تغییرات ویژگی‌های خاک در عرصه‌های پخش سیلاب برای مدیریت بهتر سیلاب در عرصه‌های پخش حائز اهمیت است.

از دیدگاه آماری تغییرات ویژگی‌های خاک در عرصه‌های پخش سیلاب را می‌توان به دو روش مورد بررسی قرار داد: (۱) در روش‌های آماری کلاسیک، مقدار متغیر جدای از موقعیت مکانی آن مورد تحلیل قرار می‌گیرد و می‌توان میزان تغییرات متغیر را در کل عرصه‌های پخش با استفاده از روش‌های مقایسه میانگین مورد بررسی قرار داد و عرصه‌هایی که تغییرات چشم‌گیری از نظر مقدار متغیر مورد بررسی داشته‌اند را تعیین کرد. تاکنون پژوهش‌های متعددی از جمله فخری و همکاران [۸]، کمالی و همکاران [۱٦]، ملائی [۲۵] و Toda و همکاران [۳۵] برای بررسی تغییرات ویژگی‌های خاک در عرصه پخش سیلاب با استفاده از روش‌های آماری کلاسیک انجام

۱- نویسنده مسئول و استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان vaezi.alireza@gmail.com
دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه زنجان

3- Flood water spreading

گرفته است. (۲) زمین آمار[1] شاخه‌ای از علم آمار است که در آن علاوه بر مقدار متغیر در یک نقطه، موقعیت قرارگیری آن نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.این روش می‌تواند شناخت دقیقی از چگونگی توزیع مقادیر یک متغیر در یک منطقه ارایه نماید. در زمین آمار، بررسی نمونه‌ها مستقل از یکدیگر نیست بلکه بین مقادیر مختلف یک کمیت در منطقه، فاصله و جهت قرارگیری آن‌ها نسبت به هم می‌توان رابطه برقرار کرد. ارتباط مکانی بین مقدار یک متغیر در یک منطقه، در قالب‌های ریاضی که به آنها ساختار مکانی گفته می‌شود، قابل بیان است [۱۳]. تغییرنما[2] (واریوگرام) به عنوان ابزاری برای بررسی ساختار مکانی است.این نمایانه، واریانس مکانی مقادیر متغیر در فواصل معین است. چنانچه مقدار یک متغیر در منطقه دارای ساختار مکانی باشد، می‌توان تغییرنمای آن را مدل کرد. با میان‌یابی نقاط مجهول در منطقه، می‌توان به نقشه تغییرات مکانی متغیر دست یافت. زمین‌آمار در زمینه‌های مختلف از جمله علوم زمین کاربرد گسترده‌ای در سراسر جهان دارد. درایران نیز پژوهش‌هایی در مورد برآورد بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک [۲۱]، تغییرات مکانی عامل فرسایش‌پذیری خاک [۳۶]، برآورد سطح آب زیرزمینی [۲۳]، تغییرات مکانی ویژگی‌های شیمیایی آب زیرزمینی [۱۲]، توزیع مکانی فلزات سنگین [۲۹] و تغییرات مکانی مقدار رسوب در اثر پخش سیلاب [۳۳] با استفاده از زمین‌آمار انجام گرفته است.

هر چند تأثیر پخش سیلاب بر ویژگی‌های خاک در نقاط مختلف کشور بررسی شده است لیکن‌این موضوع از دیدگاه تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک مورد تحلیل قرار نگرفته است. با توجه به‌این که مقدار رسوب‌گذاری در عرصه‌های پخش سیلاب متفاوت می‌باشد، تغییرات ویژگی‌های خاک در عرصه‌ها ممکن است از الگوی مکانی پیروی کند. با بررسی الگوی مکانی ویژگی‌های خاک می‌توان نقاط بحرانی کاهش کیفیت خاک در اثر پخش سیلاب را شناسایی کرد و اقدامی مؤثر جهت افزایش کارایی آن از نظر بهبود ویژگی‌های خاک انجام داد. در همین راستااین پژوهش به منظور بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک عرصه پخش سیلاب عرصه قره‌چریان زنجان و پهنه‌بندی آن‌ها انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

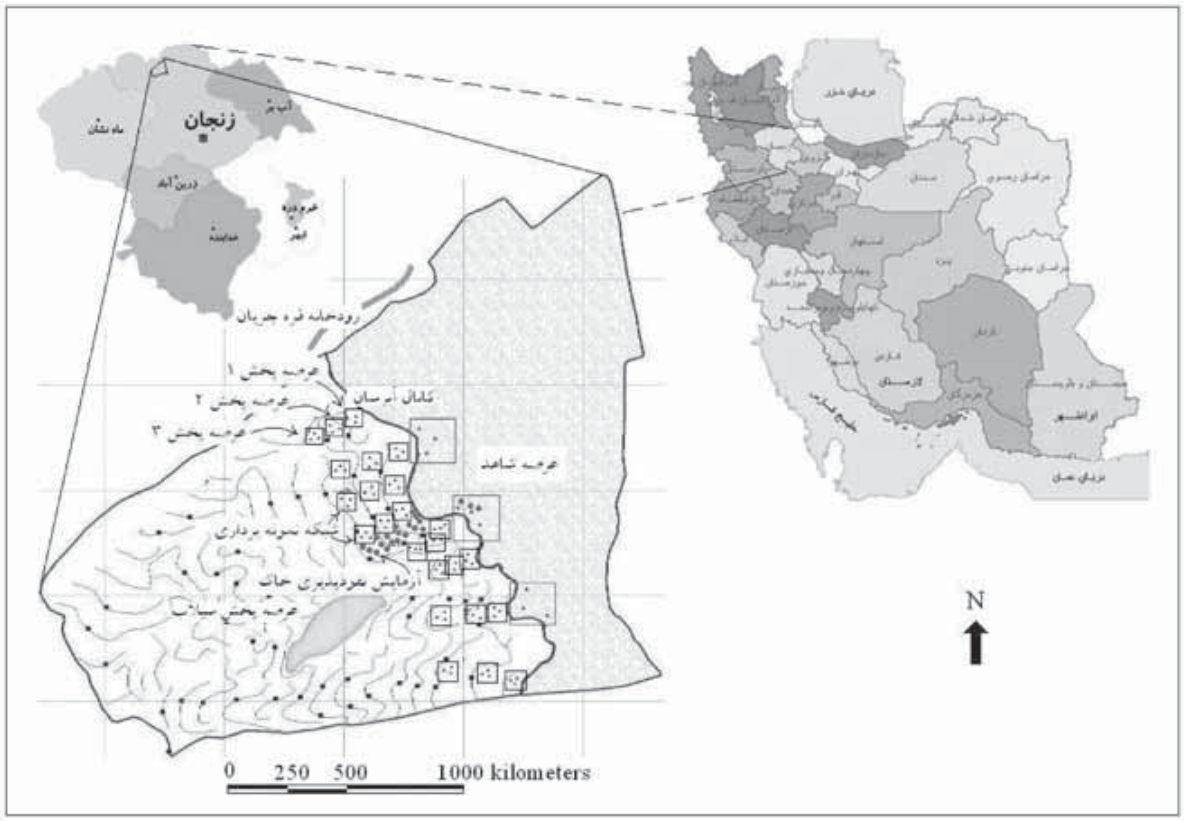
منطقه مورد مطالعه

ایستگاه پخش سیلاب قره‌چریان واقع در دشت سهرین- قره‌چریان بین دو رودخانه سهرین و قره‌چریان قرار دارد.این منطقه در ۳۲ کیلومتری شمال غربی شهر زنجان بین مختصات جغرافیایی ″۳۲ ′۵۶ °۳۶ تا ″۵۲ ′۵۵ °۳۶ عرض شمالی و ″۲۰ ′۲۰ °۴۸ تا ″۵۹ ′۲۰ °۴۸ طول شرقی در ارتفاعی حدود ۱۸۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. دشت مورد مطالعه بر روی رسوبات کواترنری واقع شده و توسط رشته کوه‌های طارم و سلطانیه احاطه گردیده است. شیب اصلی دشت در جهت جنوبی و به طور متوسط ۲ درصد است. دراین منطقه میزان بارندگی سالانه بین۳۰۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۰/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس روش اقلیمی آمبرژه از نوع نیمه خشک سرد است [۱]. بافت خاک سطحی عرصه، اغلب لومی بوده و با افزایش عمق، به خاک شنی با حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد قلوه سنگ و سنگ تغییر می‌یابد. خاک‌ها به‌طورعمده عمیق نبوده و در بعضی از قسمت‌ها به لایه آهکی محدود شده‌اند. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک به ترتیب زریک و مزیک می‌باشد [۶]. شکل (۱) موقعیت قرارگیری منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

طراحی شبکه‌های مطالعاتی و نمونه‌برداری خاک

با توجه به شرایط آبگیری و یکنواختی اراضی از لحاظ شیب و نوع خاک، جهت نمونه‌برداری از منطقه پخش سیلاب، سه عرصه اول آب‌گیری انتخاب گردید.این اراضی به ترتیب مقابل کانال‌های اول و دوم و سوم پخش سیلاب قرار داشتند. پس از بازدیدهای صحرایی، تعداد شبکه‌های مطالعاتی در عرصه‌های پخش بر مبنای تغییر ویژگی‌های خاک در طول عرصه‌ها در نظر گرفته شد. دراین راستا ابتدا پیش‌آزمایشی برای تعیین بافت، چگالی ویژه ظاهری و شوری خاک در نمونه‌های برداشت شده از نقاط مختلف عرصه‌ها انجام گرفت. براین اساس برای انجام نمونه‌برداری خاک، هرکدام از عرصه‌های پخش سیلاب به هشت شبکه مطالعاتی تقسیم شد. منطقه بالادست نظام پخش سیلاب نیز به عنوان عرصه شاهد انتخاب شد. با توجه به نتایج پیش‌آزمایش و عدم وجود تغییرات بارز در ویژگی‌های خاک در طول عرصه شاهد، تنها سه شبکه در سطح آن درنظر گرفته شد. اگر چه بکارگیری روش شبکه‌بندی منظم جهت نمونه‌برداری در بررسی‌های زمین‌آماری رایج است، لیکن در صورت اجرای آن، یا تعداد شبکه‌ها بسیار بیش‌تر می‌شد و در نتیجه تعداد نمونه و هزینه انجام آزمایش بسیار بالا می‌رفت و یا ابعاد شبکه‌ها باید بیش‌تر از حد انتظار بزرگ انتخاب می‌شد و دراین صورت،این موضوع مغایر با تغییرات مشاهداتی ویژگی‌های خاک در عرصه‌ها بود. به طور کلی نمونه‌برداری خاک در منطقه‌ای به ابعاد ۱۴۰۰ متر×۶۰۰ متر انجام گرفت. ابعاد شبکه‌های مطالعاتی در عرصه‌های پخش با توجه به نتایج پیش‌آزمایش مبنی بر وجود تغییرات مکانی ویژگی‌ها، حدود ۷۰ متر×۷۰ متر و در عرصه شاهد حدود ۱۸۷ متر× ۱۸۷ متر بود (شکل ۱). فواصل شبکه‌های مطالعاتی در عرصه‌های پخش حدود ۱۲۰ متر و در عرصه شاهد حدود ۱۵۰ متر بود. مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی[3] (GPS) برداشت شد. در هر شبکه نمونه‌برداری، سه نقطه (سه تکرار) جهت حفر نیم‌رخ خاک انتخاب گردید. نیمرخ‌های خاک قبل از شروع بارندگی‌ها در آبان ماه سال ۱۳۸۸ در منطقه حفر گردیدند. در هر نیمرخ از سه عمق مختلف

1- Geostatistics
2- Variogram
3- Global Positing System



شکل۱- موقعیت قرارگیری عرصه پخش سیلاب قره‌چریان

شامل ۲۰-۰، ٤۰-۲۰ و ٦۰-٤۰ سانتی‌متر نمونه‌های خاک برداشت گردید. در کل ۲۱٦ نمونه خاک (۳ عمق×۷۲ مکان) از سه عرصه پخش سیلاب و ۲۷ نمونه خاک (۳ عمق×۹ مکان) از عرصه شاهد برداشت گردید. در هر نقطه نمونه‌برداری، چگالی ویژه ظاهری خاک با استفاده از استوانه فلزی [۳] اندازه‌گیری شد. نفوذپذیری خاک نیز به روش بار ثابت با استفاده از استوانه مضاعف در دو مکان در هر عرصه پخش سیلاب و یک مکان در عرصه شاهد هر کدام در سه تکرار در مجموع در ۲۱ نقطه اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک

در نمونه‌های خاک فراوانی ذرات شن، سیلت، رس با روش هیدرومتر [۱۰]، چگالی ویژه حقیقی خاک به روش پیکنومتر، میزان تخلخل از طریق چگالی ویژه حقیقی و ظاهری خاک، مقدار ظرفیت زراعی با استفاده از دستگاه صفحات فشاری تحت فشار ۰/۳ بار [۱٤]، مقدار نقطه پژمردگی دایم با استفاده از دستگاه غشای فشاری تحت فشار ۱۵ بار، آب قابل دسترس از اختلاف ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم، واکنش خاک (pH) در گل اشباع به وسیله pH متر، هدایت الکتریکی (EC) به وسیله EC متر، ماده آلی به روش والکی بلاک [۲۷]، آهک به روش خنثی‌سازی با اسید [۱۱]، پتاسیم به روش استخراج با استات آمونیوم [۱۸] ازت کل خاک با روش هضم و تقطیر با استفاده از دستگاه کجلدال [٤]، کربنات و بی‌کربنات محلول به روش تیتراسیون [۱۷] اندازه‌گیری شدند.

تعیین تغییرات ویژگی‌های خاک در اثر پخش سیلاب

پیش از تجزیه و تحلیل داده‌ها، آزمون نرمال بودن توزیع فراوانی داده‌ها با بررسی هیستوگرام و تعیین چولگی و کشیدگی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در مواردی که توزیع فراوانی داده‌ها از خطای استاندارد چولگی و کشیدگی دور و در نتیجه غیرنرمال بود از روش‌های معمول نرمال‌سازی (لگاریتم و غیره) بهره گرفته شد. تفاوت ویژگی‌های خاک در عرصه‌های پخش و شاهد با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور نسبت (F-ratio) از نسبت میانگین مربعات تیمار به میانگین مربعات خطا محاسبه و سطح معنی‌داری تعیین شد. برای انجام امور آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ استفاده شد.

تعیین تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک

برای بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از روش زمین‌آمار استفاده شد. برای تعیین تغییرنما در فواصل معین از رابطه زیر استفاده شد [۳۷]:

رابطه (۱)
$$\gamma(h)=\frac{1}{2P_{(h)}}\sum_{i=1}^{n(h)}\left[z_{(x)}-z_{(x+h)}\right]^2$$

که در آن: $\gamma_{(h)}$ مقدار تغییرنما برای جفت نقاطی که به فاصله h از هم قرار داشتند، P تعداد جفت نقاط، $z_{(x)}$ مقدار مشاهده شدهٔ متغیر در فاصله x و $z_{(x+h)}$ مقدار مشاهده شدهٔ متغیر در فاصلهٔ h از x می‌باشد. برای ترسیم تغییرنما ابتدا مقدار $\gamma_{(h)}$ به ازای مقادیر مختلف h محاسبه و سپس مقادیر بدست آمده به ازای فواصل h مختلف در نموداری رسم شد. برای تغییرنمای هر ویژگی مدل‌های تجربی مختلفی مانند نمایی، کروی و گوسی برازش داده شد [۲۸]. اجزای تغییرنما شامل دامنه تأثیر[1] (a)، اثر قطعه‌ای[2] (C_0)، آستانه(=Sill C_0+C_1) [3] نیز تعیین شدند. برای اطمینان از وجود یا عدم وجود ناهمسانگردی[4] متغیر در منطقه، تغییرنما در جهت‌های مختلف رسم و چگونگی تغییرات آستانه و شعاع تأثیر بررسی شد. وابستگی مکانی هر ویژگی از نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه $E=C_0/(C_0+C_1)$ به دست آمد [۵]. میزان برآزش مدل بر تغییرنما نیز با ضریب تعیین (R^2) بیان شد.

برای ویژگی‌هایی از خاک که دارای تغییرات مکانی بودند، میان‌یابی مکانی[5] در مساحتی حدود ۱/۲۵ کیلومتر مربع (۱۲۶۵ متر×۹۹۰ متر) در ۲۷ شبکه (مکان) انجام گرفت. برای‌این منظور از روش کریجینگ[6] به دلیل حداقل کردن واریانس خطا استفاده شد [۱۳]. برای بررسی مکانی داده‌ها و انجام میان‌یابی مکانی از نرم‌افزار GS+ بهره گرفته شد. برای بررسی خطای میان‌یابی، از نمایانه میانگین خطا[7] (ME) بر اساس معادله زیر استفاده شد:

رابطه (۲)
$$ME = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{z^*(x_i)-z(x_i)}{Z(x_i)}\right|$$

که در آن: $z^*_{(xi)}$ مقدار برآورد شده متغیر، z_{xi} مقدار اندازه‌گیری شده آن و n تعداد داده‌ها است. هرچه مقدار میانگین خطای برآورد به صفر نزدیکتر باشد، نشان‌دهنده دقت بالای روش میان‌یابی می‌باشد.

نتایج و بحث

تغییرات ویژگی‌های خاک تحت تأثیر پخش سیلاب

جدول ۱ مقادیر ویژگی‌های خاک در عرصه‌های پخش سیلاب و عرصه شاهد و تفاوت آماری بین آن‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، مقدار رس، چگالی ویژه ظاهری، ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دایم، هدایت الکتریکی، پتاسیم و کربنات به طور میانگین در عرصه‌های پخش سیلاب افزایش یافت. مقدار رس ۱۵ درصد، چگالی ویژه ظاهری ٦ درصد، ظرفیت زراعی ۲ درصد، نقطه پژمردگی دایم ۳٤ درصد، هدایت الکتریکی ۱۱۱ درصد (۲/۱۱ برابر)، پتاسیم ٤۱ درصد و بی‌کربنات محلول ۷٦ درصد در عرصه‌های پخش نسبت به عرصه شاهد بیشتر بود. مقدار شن، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل، نفوذپذیری، آب قابل دسترس، واکنش (اسیدیته)، آهک و ازت تحت تأثیر پخش سیلاب کاهش یافت به طوری که مقادیر آن‌ها به ترتیب ۲۲، ۱، ۸، ۳۷، ۱۷، ۲، ۱۲، ۳٤ و ٤۷ درصد در عرصه‌های پخش نسبت به عرصه شاهد کمتر بود. با وجود افزایش مقدار سیلت و کربنات و نیز کاهش ماده آلی در عرصه‌های پخش سیلاب نسبت به عرصه شاهد،این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود.

حضور بیشتر ذرات رس نسبت به ذرات سیلت در بار سیلاب و وجود ذرات شن کمتر در آن منجر به افزایش درصد ذرات رس و کاهش ذرات شن در خاک عرصه‌های پخش شد.این موضوع به نوبه خود در کاهش چگالی ویژه حقیقی و افزایش چگالی ویژه ظاهری خاک در عرصه‌های پخش سیلاب نیز مؤثر بود. همچنین تغییرات فراوانی ذرات خاک در عرصه‌های پخش سیلاب موجب شد خلل و فرج درشت خاک کاهش یافته و در نتیجه نفوذپذیری خاک به شدت تحت تأثیر قرار گرفت. افزایش درصد ذرات رس در عرصه‌های پخش همچنین موجب شد رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم به مراتب بیش‌تر از ظرفیت مزرعه‌ای افزایش یابد و به دلیل به هم خوردن ساختمان خاک در عرصه‌های پخش میزان آب قابل دسترس کاهش یابد. برجای گذاشته شدن پیاپی املاح منتقله در سیلاب (پتاسیم، بی‌کربنات و غیره) در سطح خاک عرصه‌های پخش و تبخیر مداوم از آن‌ها، موجب شد بخش زیادی از املاح در نیمرخ سطحی خاک باقی مانده و منجر به افزایش شوری خاک شود. افزایش بی‌کربنات در عرصه‌های پخش سیلاب به دلیل ورود ترکیباتی مانند کربنات کلسیم و تبدیل یون‌های کربناتی به بی‌کربنات بود. از آنجا که رسوبات از خاک‌هایی فقیر از نظر مواد آلی در بالادست سرچشمه می‌گیرند، خاک عرصه‌های پخش دارای مواد آلی بیشتری نبود.

تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک در عرصه‌ها

جدول ۲ مشخصات تغییرنمای ویژگی‌های خاک در منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد. از آنجا که نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه $C_0/(C_0+C_1)$ در تغییرنمای مقدار شن، سیلت، رس، چگالی ویژه جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دایم، هدایت الکتریکی، ماده آلی و کربنات بیشتر از ۰/۵ بود و ضریب تبیین (R^2) مدل برازشی نیز بسیار پایین بود،این ویژگی‌ها فاقد الگوی تغییرات مکانی درنظر گرفته شدند. چگالی ویژه حقیقی خاک نیز بدون هر گونه ساختار تغییرات مکانی بود و تغییرات آن در سطح منطقه به‌طور کامل از الگوی تصادفی پیروی کرد. همچنین با آن که مقدار $C_0/(C_0+C_1)$ در تغییرنمای واکنش (اسیدیته) نزدیک به ۰/۵ بود اما ضریب تبیین مدل برازشی بسیار پایین (۰/۰۰٤) بود و ازاین رو ساختار مکانی قوی وجود نداشت. با توجه به‌این که مقدار $C_0/(C_0+C_1)$ در تغییرنمای مقدار آب قابل دسترس، بی‌کربنات، ازت و پتاسیم در عرصه‌های پخش سیلاب از حد ۰/۲۵ کمتر [۵ و ۳۱] بود،این ویژگی‌های خاک در

1- Range
2- Nugget effect
3- Sill
4- Anisotropy
5- Spatial interpolation
6- Kriging
7- Mean Absolute Error

جدول ۱- مقایسه مقادیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در عرصه‌های پخش سیلاب و عرصه شاهد

ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک	عرصه شاهد	عرصه پخش سیلاب ۱	عرصه پخش سیلاب ۲	عرصه پخش سیلاب ۳	F
شن (درصد)	۳۹/۶۰^{a}	۳۱/۴۳^{b}	۲۸/۷۷^{b}	۳۲/۹۳^{b}	۳/۷۳*
سیلت (درصد)	۳۱/۶۶	۳۵/۱۲	۳۳/۳۸	۳۴/۹۱	۱/۱۵^{ns}
رس (درصد)	۲۸/۷۴^{b}	۳۳/۴۴^{a}	۳۳/۶۸^{a}	۳۲/۱۵^{ab}	۱/۹۵*
جرم مخصوص حقیقی (g/cm^{3})	۲/۶۳^{b}	۲/۴۹^{c}	۲/۷۸^{a}	۲/۵۷^{b}	۲۷/۱۱***
جرم مخصوص ظاهری (g/cm^{3})	۱/۴۶^{b}	۱/۴۹^{b}	۱/۵۳^{b}	۱/۶۳^{a}	۹/۵۴***
تخلخل (درصد)	۴۴/۰۶^{a}	۴۰/۳۶^{b}	۴۴/۸۶^{a}	۳۶/۶۰^{c}	۴/۹۴*
نفوذپذیری (cm/h)	۱۵/۶^{a}	۱۱/۴۸^{b}	۶/۶۳^{c}	۱۱/۴۰^{b}	۲۳/۷۱***
ظرفیت مزرعه‌ای (درصد)	۱۵/۸۲^{a}	۱۷/۸۶^{c}	۱۵/۳۴^{b}	۱۵/۲۸^{a}	۵۶/۰۳***
نقطه پژمردگی دائم (درصد)	۵/۹۵^{a}	۹/۹۶^{b}	۷/۴۹^{a}	۶/۴۲^{a}	۸۲/۹۲***
آب قابل دسترس (درصد)	۹/۸۷^{a}	۷/۹۰^{c}	۷/۸۵^{c}	۸/۸۶^{b}	۱۷/۲۴***
اسیدیته	۷/۴۷^{a}	۷/۱۸^{b}	۷/۲۱^{b}	۷/۶۳^{a}	۱۵/۵۴***
هدایت الکتریکی (dS/m)	۰/۶۴^{c}	۱/۷۶^{a}	۱/۱۲^{b}	۱/۲۱^{b}	۴۹/۴۴***
ماده آلی (درصد)	۰/۵۶	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۲۰^{ns}
آهک (درصد)	۴۳/۱۲^{a}	۳۳/۹۵^{b}	۱۰/۷۰^{c}	۴۱/۱۸^{a}	۱۱۴/۳۶***
ازت (درصد)	۱/۴۹^{a}	۰/۸۵^{b}	۰/۷۸^{bc}	۰/۷۴^{c}	۱۳۱/۷۰***
پتاسیم (mg/kg)	۲۵۹/۸۵^{c}	۳۵۰/۲۹^{b}	۳۶۸/۳۱^{a}	۳۶۰/۱۵^{ab}	۹۱/۳۶***
کربنات محلول (meq/lit)	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱	۱/۷۲^{ns}
بی‌کربنات محلول (meq/lit)	۵/۲۴^{d}	۸/۱۸^{c}	۹/۰۴^{b}	۱۰/۳۹^{a}	۷۲/۱۱***

*: معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ***: معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱ و ns: غیر معنی‌دار.

منطقه دارای ساختار مکانی قوی بودند.

شکل ۲ تغییرنما و مدل برازشی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک دارای ساختار مکانی (آب قابل دسترس، بی‌کربنات محلول، ازت و پتاسیم) در منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج تغییرات مکانی مقدار آب قابل دسترس از مدلی نمایی با شعاع تأثیر ۵۱۳ متر پیروی کرد. تغییرنمای ازت، پتاسیم و بی‌کربنات محلول نیز از مدلی کروی با شعاع تأثیر به ترتیب ۴۵۵، ۴۳۳ و ۴۰۷ متر پیروی کردند. در حقیقت در خارج از فاصله‌های یاد شده، مقادیراین ویژگی‌های خاک رفتاری تصادفی داشته و فاقد تغییرپذیری مکانی هستند. با توجه به وجود آستانه و شعاع تأثیر معین در تغییرنماهای مذکور، روندی در تغییرات واریانس ویژگی‌های مذکور مشاهده نشد و وجود ساختار مکانی در آن‌ها قابل اثبات بود [۱۳].

نقشه تغییرات مکانی مقدار آب قابل دسترس، ازت، پتاسیم و بی‌کربنات در عرصه‌های پخش سیلاب قره چریان در شکل ۳ آورده شده است. بررسی هر چهار شکل نشان می‌دهد که مقدار ویژگی‌های خاک در بخش شمال شرقی منطقه مورد بررسی (بخشی از عرصه شاهد) به‌طورعام متفاوت از سایر بخش‌های منطقه (عرصه‌های پخش سیلاب) است.

نتایج نشان داد که مقدار آب قابل دسترس از شمال غرب به سمت جنوب منطقه مورد بررسی که به‌طورعمده شامل عرصه‌های پخش سیلاب ۱، ۲ و ۳ بود، کاهش یافت. علت اصلی کاهش مقدار آب قابل دسترس در عرصه‌های پخش، افزایش درصد رس خاک در آنها بود.این مسئله موجب شد رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دایم به شدت افزایش یافته (۳۴ درصد) در حالی که افزایش ظرفیت مزرعه‌ای بسیار پایین (۲ درصد) بود. به هم خوردن ساختمان خاک در عرصه‌های پخش نیز عامل د مؤثریگری بر کاهش میزان آب قابل دسترس بود.

بررسی توزیع مکانی ازت در منطقه مورد بررسی نیز نشان داد که مقدار ازت در شمال غرب و جنوب منطقه کاهش چشمگیری داشت. از آنجا که مواد منتقله رسوب یافته در سطح عرصه‌های پخش از خاک‌های غیرحاصلخیز بالادست حوضه منتقل شده بودند، ازاین رو مقدار ازت خاک در عرصه‌های پخش نسبت به شاهد به مراتب (به طور میانگین ۴۷ درصد) کمتر بود [۱۵]. در دشت سیلابی در بنگلادش نیز نشان دادند که رسوبات ته‌نشین شده در عرصه‌های پخش سیلاب دارای عناصر غذایی به ویژه ازت کمتری نسبت به خاک سطحی محل آزمایش بود. کمالی و همکاران [۱۶] تغییرات

جدول ۲- مشخصات تغییرنماهای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در عرصه‌های پخش سیلاب قره چریان

ویژگی خاک	مدل	اثر قطعه‌ای	آستانه	شعاع تأثیر (متر)	اثر قطعه‌ای به آستانه	ضریب تبیین
شن	گوسی	۳۰/٤۹۰	٦۰/۹۹۰	٥۳۸٦	۰/٥۰۰	۰/۰٤
سیلت	گوسی	۱۱/۲۲۰	۲۲/٤٥۰	٥۳۸٦	۰/٥۰۰	۰/۱۳
رس	گوسی	۱۳/۰٥۰	۲٦/۱۱۰	٥۳۸٦	۰/٥۰۰	۰/۰۱
جرم مخصوص حقیقی	خطی	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۹۹۳	۱/۰۰	۰/۷۱
جرم مخصوص ظاهری	گوسی	۰/۰۱۲	۰/۰۲٤	٥۳۸٦	۰/٥۰۰	۰/۲٤
تخلخل	گوسی	۰/۰۰۲	۰/۰۰٤	٥/۳۸٦	۰/٥۰۰	۰/٥٦
ظرفیت زراعی	گوسی	۱/۹۰٤	۳/۸۰۹	٥/۳۸٦	۰/٥۰۰	۰/۰۳
نقطه پژمردگی دائم	نمایی	۲/۲۷۲	٤/٥٤٥	۹/۳۳۰	۰/٥۰۰	۰/۰٥
آب قابل دسترس	نمایی	۰/۲۹۸	۱/۰۳٦	٥۱۳	۰/۲۸۸	۰/٥٦
اسیدیته	نمایی	۰/۰۸۲	۰/۱٦٦	۹۳۳۰	۰/٤۹٤	۰/۰۰٤
هدایت الکتریکی	گوسی	۰/۲۷۹	۰/۳٥۹	٥/۳۸٦	۰/۷۷	۰/۰۳٦
ماده آلی (٪)	کروی	۰/۰۲٥۰	۰/۰٤۱۰	۹۷۰	۰/٦۱	۰/٥٥
ازت	کروی	۰/۰۱۰	٦/٥۲٥	٤٥٥	۰/۰۰۲	۰/۷۳
پتاسیم	کروی	۸۳	۱٤۸۲	٤۳۳	۰/۰٥٦	۰/۷۳
کربنات محلول	گوسی	۰/۰۰۰٥	۰/۰۰۰۹	٤۰٤۷/۸	۰/٥٥	۰/۰٤
بی‌کربنات محلول	کروی	۰/٤۳٥	۳/٤٥٤	٤۰۷	۰/۱۲٦	۰/۷۹

ویژگی‌های خاک ۱۳ عرصه پخش سیلاب در کشور را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که واقع شدن بیشتر حوضه‌های بالادست عرصه‌های پخش در مناطق خشک و نیمه‌خشک با پوشش گیاهی ضعیف و خاک فقیر منجر شده است که تغییراتی چشمگیر در حاصلخیزی خاک عرصه‌های پخش به وجود نیاید.

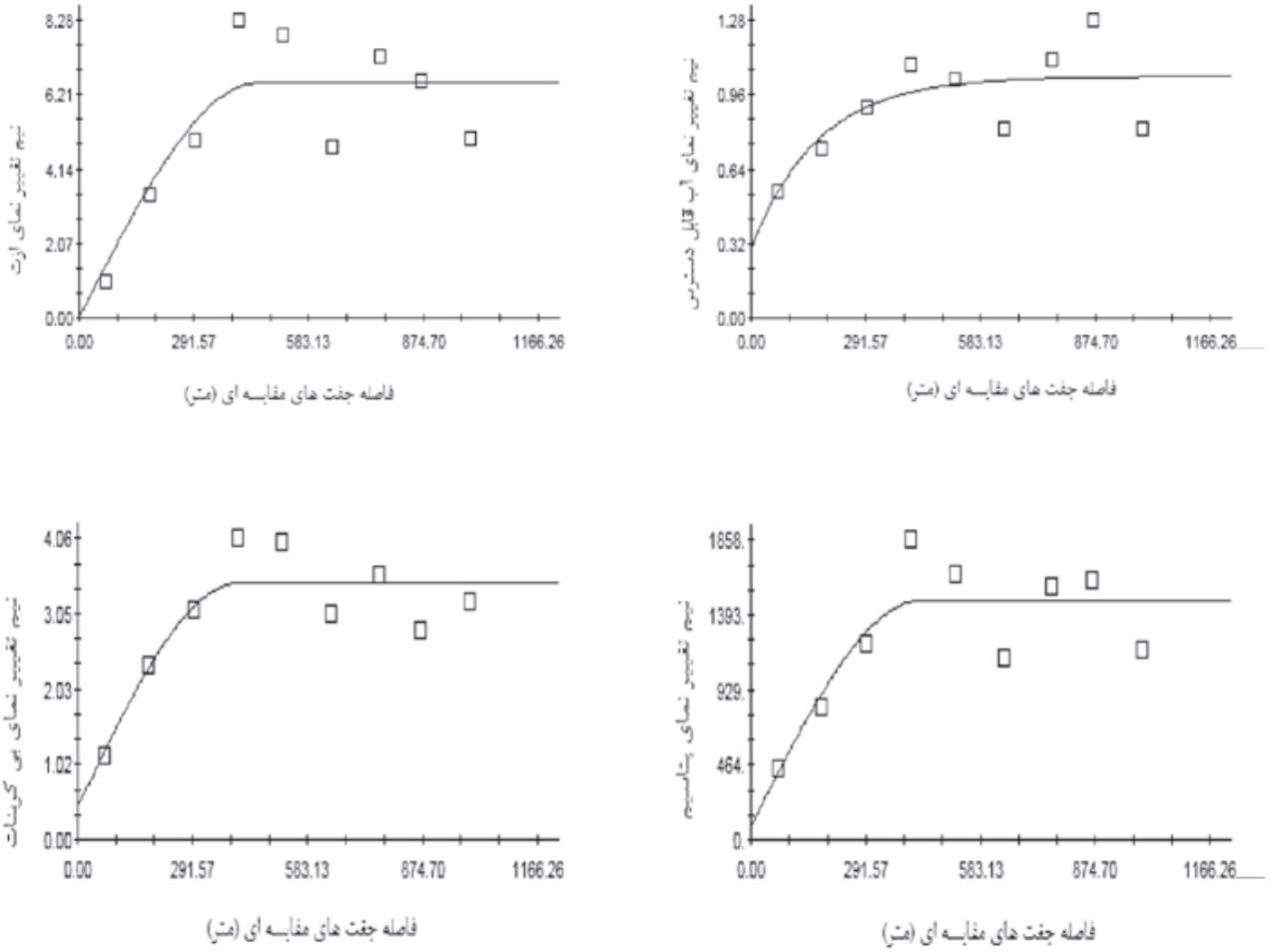
مقدار پتاسیم (K^+) در شمال غرب، غرب و جنوب منطقه مورد بررسی که شامل عرصه‌های پخش سیلاب بود، به طور فزاینده‌ای افزایش پیدا کرد. از آنجا که پتاسیم به شکل محلول به همراه جریان‌های سطحی از خاک انتقال می‌یابد و از سوی دیگراین کاتیون در فاز تبادلی رس‌ها حضور داشته و به هنگام جابجایی رس‌ها از سطح خاک نیز انتقال می‌یابد، مقدار پتاسیم خاک در سطح عرصه‌های پخش سیلاب افزایی قابل توجهی (٤۱ درصد) پیدا کرد. در بررسی‌های لطف‌الله‌زاده و همکاران [۲۰] در عرصه پخش سیلاب سرچاهان نیز نشان داده شد که پخش سیلاب منجر به افزایش مقدار پتاسیم در عرصه‌های پخش شد.

مقدار بی‌کربنات محلول (HCO_3^-) در شمال غرب، غرب و جنوب منطقه افزایش قابل توجهی (به طور میانگین ۷٦ درصد) داشت. افزایش بی‌کربنات محلول در عرصه‌های پخش به دلیل ورود ترکیباتی کربناتی به ویژه کربنات کلسیم از اراضی بالادست از طریق سیلاب به عرصه‌های پخش بود. برخلاف نتایج‌این پژوهش، بررسی‌های لطف‌الله‌زاده و همکاران [۲۰] نشان داد که پخش سیلاب اثری بر مقدار بی‌کربنات در عرصه‌ها نداشت.

بررسی اعتبار میان‌یابی مکانی به روش کریجینگ با استفاده از نمایانه میانگین خطا (ME) نشان داد که مقدار ME در مورد مقادیر میان‌یابی شده آب قابل دسترس، ازت، پتاسیم و بی‌کربنات محلول به ترتیب برابر با ۰/۰۷، ۰/۱۰، ۰/۰٥ و ۰/۰۹ بود. به عبارت دیگر نقشه تغییرات مکانی آب قابل دسترس، ازت، پتاسیم و بی‌کربنات در منطقه مورد بررسی به ترتیب دارای ۷ درصد، ۱۰ درصد، ٥ درصد و ۹ درصد خطا بود. با توجه به مقادیر پایین خطای میان‌یابی مکانی، می‌توان از نقشه‌های تهیه شده در مدیریت مؤثر سیلاب در عرصه‌های پخش به طور قابل اطمینانی بهره گرفت. ازاین رو می‌توان کیفیت فیزیکی-شیمیایی خاک عرصه‌ها را از نظر ویژگی‌هایی از خاک که تغییرات آن‌ها از الگوی مکانی پیروی می‌کند، را با مدیریت هدفمند پخش سیلاب تا حد امکان بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج، درصد ذرات معدنی خاک، تخلخل، آب قابل دسترس، آهک، هدایت الکتریکی، ازت، پتاسیم و بی‌کربنات تحت



شکل ۲- تغییرنما و مدل برازشی تغییرات مکانی آب قابل دسترس، ازت، پتاسیم و بی‌کربنات محلول در منطقه مورد بررسی

تأثیر پخس سیلاب قرار گرفتند. ازاین بین، تنها تغییرات مقادیر آب قابل دسترس، بی‌کربنات، ازت و پتاسیم در منطقه مورد بررسی از الگوی مکانی پیروی کرد. مقدار آب قابل دسترس و ازت از شمال غرب به سمت جنوب منطقه که شامل عرصه‌های پخش سیلاب بود، به دلیل افزایش درصد رس کاهش یافت. کاهش مقدار ازت در عرصه‌های پخش نیز به دلیل ورود رسوبات غیرحاصلخیز به آن‌ها بود. مقادیر پتاسیم و بی‌کربنات در شمال غرب، غرب و جنوب منطقه افزایش قابل توجهی نشان دادند. انتقال پتاسیم به شکل محلول و در مرحله تبادلی رس‌ها منجر به افزایش مقدار آن در عرصه‌های پخش شد. افزایش بی‌کربنات محلول در عرصه‌های پخش به دلیل ورود ترکیباتی مانند کربنات کلسیم به آن‌ها بود.این پژوهش نشان داد که تفاوت در رسوبگذاری در عرصه‌های پخش سیلاب منجر به بروز تغییرات مکانی برخی ویژگی‌های خاک می‌گردد. بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک پیش از اجرای عملیات پخش سیلاب می‌تواند در انتخاب مکان مناسب پخش به منظور بهبود ویژگی‌های خاک در عرصه‌ها مؤثر واقع گردد.

سپاسگزاری

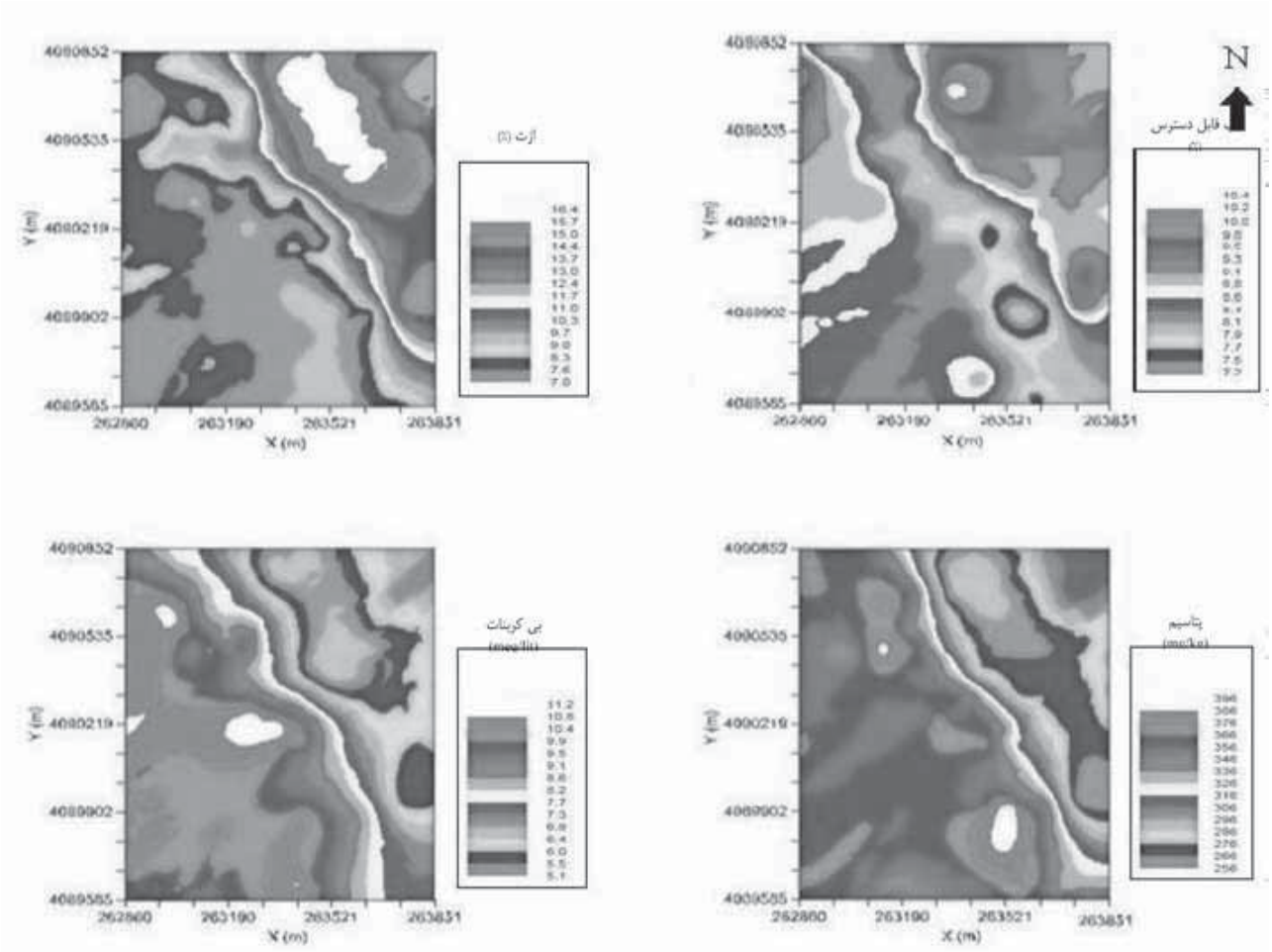
از مرکز تحقیقات کشاورزی زنجان به خاطر دراختیارگذاشتن عرصه پخش سیلاب جهت اجرای پژوهش تشکر می‌گردد.

منابع

1- Anonymous, 2008. Research on Gharehcharyan plain. Agriculture and Natural Resources Research of Zanjan. (In Persian).

2- Baza, M. 2001. Inference of a Drought Mitigation Action Plan. Expert Consultiation and workshop on Drought Preparends and Mitigation in the Near East and Mediterranean Organized By FAO/RNG. ICARDA and EV, Syria, pp: 27-31.

3- Blake, G.R. and Haretge, K.H. 1986. Bulk



شکل ۳- نقشه تغییرات مکانی مقدار آب قابل دسترس، ازت، پتاسیم و بی‌کربنات محلول در عرصه‌های پخش سیلاب قره چریان

soils in Garacharyan plain. Agriculture and Natural Resources Research of Zanjan. (In Persian).

7- Daneshvar, M.R., Danaeeyan, M.R. and Vahabi, J. 2005. Effect of flood water spreading on physical soil properties in Miyankouh Aquifer in Yazd Province. Third Conference of Soil Erosion and Sediment. Tehran, September, pp: 56-60.

8- Fakhri, F. Jaafari, M., Mahdian, M.H. and Azarpeivand, H. 2005. Effect of flood water spreading on physicochemical soil properties in Tangestan plain in Boushehr Province. Iranian Journal of Range and Desert Research. 20: 233-240. (In Persian).

9- Fazl Ola, R., Sharifi, F. and Behnia, A. 2006. Effect of flood water spreading in ground water of Mousiyan Plain in Eilam Province. Iranian Journal of Natural Resources. 59(1): 57-73. (In Persian).

density. In Meth¬ods of Soil Analysis (pp: 363-376). Campbell, G.S., Jackson R.D., Mortland M.M., Nielsen D.R. and Klute, A. (Eds.) Part 1: Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph No. 9 (2nd edn.), Am. Soc. Agron. Inc., Mad¬ison, Wisconsin, USA.

4- Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-total. In: Page, A.L. (ED.), Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp: 595-624.

5- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F. and Konopka, A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1501- 1511.

6- Damavandi, R. and Golchin, A. 1998. Study of

10- Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. In: Methods of soil analysis. Part1. 2nd ed. Klute, A. (Ed). Agron. Monoger. 9. American Society Agronomy. Madison. WI. pp: 383-411.

11- Goh, T.B., Arnaud, R.J.St. and Mermut, A.R. 1993. Carbonates. In: Cartner, M.R. (Ed.), Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Pub., Boca Raton, Canada, pp: 177- 185.

12- Habibi Arbatani, V., Ahmadi, A. and Fattahi, M.M. 2009. Modeling spatial variation of chemical properties of ground water using geostatistics. Iranian Journal of Watershed Management, Science and engineering. (In Persian).

13- Hasani Pak, A.A. 1998. Geostatistics. Tehran University Press. First edition. (In Persian).

14- Hillel, D., 1982. Introduction to soil physics. Academic Press, New York, 365 pp.

15- Hirst, S.M. and Ibrahim, A.M. 1996. Effect of flood protection on soil fertility in a riverine floodplain area in Bangladesh. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27: 119-156.

16- Kamali, K., Mahdian, M.H., Arabkhedri, M., Charkhabi, A.H. and Ghiasi, N.Gh. 2011. Effect of flood water spreading in soil productivity in flood plains in Iran. Journal of Soil and water, 15(57): 77-90. (In Persian).

17- Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods. Madison, Wisconsin, United States of America.

18- Knudsen, D., Peterson, G.A. and P.F. Pratt. 1982. Lithium, Sodium and Potassium. pp: 225- 246. In: A. L. Page et al. (Ed.), Methods of Soil analysis: Part2. chemical and microbiological Properties. ASA Monograph Number 9.

19- Kowsar, A. 1991. Floodwater spreading for desertification control: An integrated. approach. Des. Con.Bull. (UNEP). 19: 3-18.

20- Lotfollahzadeh, D., Zarea Mehrjerdi, M. and Kamali, K. 2007. Effect of flood water spreading in some soil properties in Sarchahan Plain. Pajouhesh and Sazandegi. 76: 83-87. (In Persian).

21- Mahdavi, M., Hoseini Chegini, A., Mahdian, M.H. and Rahimio, S. Comparing gestotistics methods in estimation of annual precipitation in arid and semi-arid regions in East of Iran. Iranian Journal of Natural Resources. 57 (2): 211-224. (In Persian).

22- Mahdian, M.H., Hoseini Chegini, A., Shariati, M.H. and Khaksar, 2003. Effect of flood water spreading in the change of physicochemical soil properties in Ghoumsheh Damghan Plain. Pajouhesh and Sazandegi. 61: 39-44. (In Persian).

23- Misaghi, F. and Mohammadi, K. 2002. Estimation of ground water level using some interpolation methods and comparing with geostatistics technique. 21th Symposium on Earth Sciences. Iranian Organization of Earth Science and Min Research. pp: 1236-1240. (In Persian).

24- Mohammadi, A. Khaledian,H. and Habibi,N. 2004. Effect of flood water spreading in some physical soil properties in Sefidroud Plain, Kordestan Province. Third Conference on Aquifer Management. Ourmieh. pp: 61-65. (In Persian).

25- Molaee, A. 2004. Changes of physicochemical soil properties as affected by flood water spreading in Emamzadeh Jaafar Plain. Third Conference on Aquifer Management. Ourmieh, pp: 68-73. (In Persian).

26- Naderi, A., Foruzanfar, N. and Mozafari, A. 2000. Reclamation of a sandy desert through floodwater spreading: L sediment- induced change in selected soil chemical and physical properties. J. Agr. Sci. Tech. 2, pp: 9-20.

27- Nelson, D.W. and L.E. Sommer. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. 2nd ed., ASA Monogr. Am. Soc. Agron. Modison. 9(2): 539- 579.

28- Polhman, H. 1993. Geostatistical modeling of environmental data. Catena, 20: 191-198.

29- Pouzesh Shirazi, M., Samavat, S., Zolfi Bavaryani, M., Fakhri, F. and Moradi, Gh. 2011. Spatial variation of heavy metals in some soils in Hamedan Province. Soil Research. 25(4): 323-336. (In Persian).

30- Reij, C. and Mulder, P. and Begemann, L. 1988. Water harvesting for-plant production 0-8213-

1142-5. The world bank, Washington, D.C.

31- Shi, J.H., Wang, J., Xu, J., Wu, X., Liu, H., Zhu, C. and Yu. C. 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing China. Environ. Geol. 52: 1-10.

32- Sarreshtehdari, A. 2003. Effect of flood water spreading on soil productivity (a case study in Poldasht Aquifer. West Azarbijan). Pajouhesh and Sazandeghi. 22(3): 36-41. (In Persian).

33- Sokouti Oskoee, R. and Mahdian, M.H. 2005. Effect of flood water spreading on soil productivity (a case study in Poldasht Aquifer. Pajouhesh and Sazandeghi. 22(3): 36-41. (In Persian).

34- Sokouti Oskoee, R., Mahdian, M.H. and Ahmadi, A. 2005. Effect of flood water spreading on soil properties in Poldasht Aquifer. Pajouhesh and Sazandeghi. 67:42-50. (In Persian).

35- Toda, Y., Ikeda, S. and Kumagai, K. and Asano, T. 2002. Effects of flood flow on flood plain soil and riparian vegetation in a Gravel River. J Hydrol Engi. 131: 950- 960.

36- Vaezi, A.R. and Bahrami, H.A. and Sadeghi, S.H.R. and Mahdian, M.H. 2010. Spatial Variability of Soil Erodibility Factor (K) of the USLE in North West of Iran. J. Agr. Sci. Tech. 12: 241-252.

37- Yates, S.R., and Warrick, A.W. 1992. Estimation soil water content using cokriging. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 23-30.