

# تعیین روند تغییرات میزان نفوذپذیری خاک به روش مستقیم، مطالعه موردی: پخش سیلاب پسکوه سراوان

عبدالرسول شفیعی دستجردی<sup>۱</sup>، کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان و بلوچستان  
محمدحسین مهدیان، دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری  
کوروش کمالی، کارشناس ارشد، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری  
حمید حسینی مرنندی، مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۲/۲۳

## چکیده

ورود حجم زیادی از سیلاب محتوی بار معلق فراوان به شبکه‌های پخش سیلاب با برجای گذاردن رسوبات و نفوذ مواد محلول و ریزدانه همراه سیلاب در آبرفت‌ها، به مرور زمان سبب تغییراتی در نفوذپذیری خاک عرصه پخش می‌شود. هدف این پژوهش بررسی میزان و روند تغییرات نفوذپذیری پخش سیلاب بر آبخوان پسکوه سراوان، تحت تأثیر عملیات پخش سیلاب با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری می‌باشد. در این پژوهش سعی شده است که میزان این تغییرات با استفاده از اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری به روش مستقیم و به وسیله نفوذسنج استوانه مضاعف در دو نوبت با فاصله زمانی یک‌ساله و نیز مقایسه آن با زمین شاهد مورد بررسی قرار گیرد. براین اساس سه نوار پخش سیلاب به شبکه‌های مستطیل‌شکلی تقسیم و به‌عنوان محل‌های اندازه‌گیری انتخاب شدند. همچنین، عرصه‌ای در خارج از محدوده پخش سیلاب به‌عنوان شاهد انتخاب شد. به‌منظور مشخص نمودن وضعیت کلی افزایشی یا کاهش‌ی مقادیر نفوذپذیری در نوبت دوم نسبت به نوبت اول اندازه‌گیری، از آن‌جایی‌که داده‌ها دارای توزیع نرمال نبودند، از آزمون رتبه‌ای علامت‌دار ویلکاکسون استفاده شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بین دو نوبت اندازه‌گیری نفوذپذیری، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. تعداد کم رخداد سیل (سه رخداد) و مدت زمان کوتاه بین دو نوبت اندازه‌گیری (یک‌ساله) می‌تواند از دلایل اصلی این امر باشد. برای تعیین تغییرات میزان نفوذپذیری بین نوارها با یکدیگر و نیز با زمین شاهد به‌دلیل توزیع غیرنرمال داده‌ها در این چینش، از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که سه نوار عرصه پخش در میزان نفوذپذیری در دو نوبت اندازه‌گیری با یکدیگر و در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند، ولی نوار عرصه شاهد با هر سه نوار دیگر در هر دو نوبت اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری دارد و میزان نفوذپذیری کل نوارهای مورد مطالعه پخش سیلاب نسبت به زمین شاهد کاهش داشته است. همچنین، نتایج بیانگر این موضوع بود که فقط یکی از مستطیل‌ها در دو نوبت اندازه‌گیری با مستطیل‌های شاهد در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشته است و تمامی مستطیل‌های دیگر در هیچ نوبت اندازه‌گیری با یکدیگر و نیز با شاهد تفاوت معنی‌داری را از خود نشان نداده‌اند. دلیل اصلی این تفاوت نیز به ضخامت بیشتر رسوبات نهشته شده در محل مستطیل مذکور نسبت به سایر بلوک‌های عرصه پخش مرتبط می‌شد. از لحاظ کمی، میزان نفوذپذیری سطحی عرصه پخش نسبت به عرصه شاهد ۵۵/۹۴ درصد و در طول بازه زمانی یک‌ساله نیز به‌میزان ۳/۲۳ درصد از خود کاهش نشان داده است.

**واژه‌های کلیدی:** آبخوان، آزمون کروسکال-والیس، آزمون ویلکاکسون، استوانه مضاعف، رسوب

## مقدمه

خاک و احیاء مراتع می‌شود. به‌گونه‌ای که در حال حاضر در بسیاری از نقاط ایران طرح‌های بهره‌وری از سیلاب و تغذیه آبخوان‌ها به مرحله اجرا یا بهره‌برداری

استفاده از سیلاب‌های فصلی و نزولات جوی علاوه بر تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی سبب بهبود خواص

<sup>۱</sup> نویسنده مسئول: shafiey2005@yahoo.com

اختلاف معنی‌داری با هم دارند. نتایج بررسی‌های Sarreshtehdari و Skidmore (۲۰۰۵) نیز در خصوص روند تغییرات نفوذپذیری خاک در عرصه‌های پخش سیلاب آب باریک بم، حاکی از کاهش میزان نفوذپذیری عرصه‌های پخش نسبت به شاهد پس از گذشت پنج سال داشته است. همچنین، نتایج مطالعه Ghazavi و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی سرعت نفوذپذیری در شبکه‌های پخش سیلاب حاجی‌طاهر واقع در استان فارس، نشان داد که سرعت نفوذپذیری اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح یک درصد بین منطقه شاهد و منطقه پخش داشته و سرعت نفوذپذیری در منطقه پخش کاهش یافته است. Bagheri و همکاران (۲۰۱۱) نیز با استفاده از روش تجزیه واریانس و آزمون دانکن به بررسی میزان نفوذپذیری عرصه‌های پخش سیلاب دلیجان با استفاده از استوانه مضاعف پرداختند و نشان دادند که میزان نفوذپذیری در تمامی کانال‌های آبرسان نسبت به نقاط شاهد در سطح یک درصد کاهش معنی‌داری داشته است. پژوهش حاضر نیز به منظور تعیین نرخ کاهش نفوذپذیری در محل پخش سیلاب پسکوه سراوان و در راستای مدیریت بهتر و بهینه‌سازی پروژه پخش سیلاب و نیز درج در بانک اطلاعاتی پروژه برای طرح‌های پژوهشی آتی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

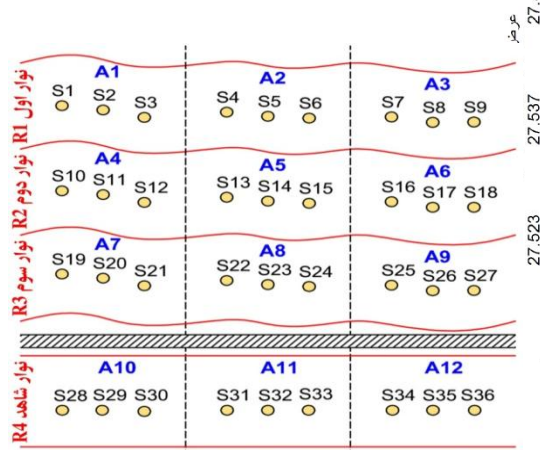
**منطقه مورد پژوهش:** در این پژوهش پخش سیلاب پسکوه واقع در استان سیستان و بلوچستان و در فاصله تقریبی ۱۰۹ کیلومتری شمال غرب شهرستان سراوان جهت انجام آزمایش‌ها انتخاب شد (شکل ۱). پخش سیلاب پسکوه از رودخانه روتک تغذیه می‌شود و با وسعت ۱۶۷۷ هکتار، با مختصات جغرافیایی به طول  $61^{\circ} 38' 52''$  تا  $61^{\circ} 42' 45''$  شرقی و عرض  $27^{\circ} 30' 42''$  تا  $27^{\circ} 33' 57''$  شمالی واقع شده است. ارتفاع متوسط عرصه از سطح دریا ۱۲۳۴ متر، میانگین بارندگی و درجه حرارت به ترتیب ۱۲۸ میلی‌متر و  $18/7$  درجه سانتی‌گراد است.

**تعیین محل اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری:** با توجه به این‌که سه نوار اول پخش سیلاب در تمام آبگیری‌های رودخانه روتک، سیل‌گیری می‌شوند،

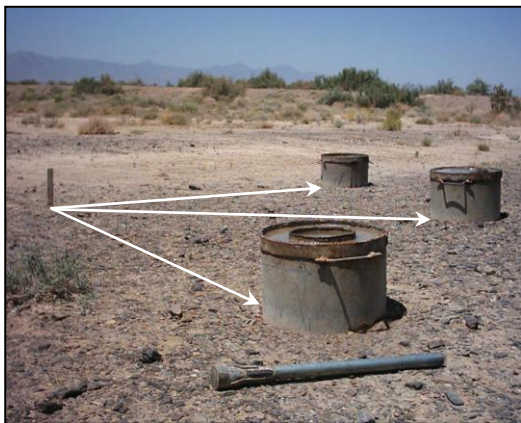
درآمده است. ورود حجم زیادی از سیلاب محتوی املاح و بار معلق که اغلب دارای برخاستگاه متفاوتی از لحاظ خاک‌شناسی و زمین‌شناسی می‌باشند، به مرور زمان سبب بروز تغییراتی در خواص مختلف خاک می‌شود. بررسی روند این تغییرات و اندازه‌گیری پاره‌ای از متغیرهای خاک در طول زمان، تأثیر پخش سیلاب را بر خصوصیات فیزیکی خاک مشخص می‌نماید. به طوری که نتایج حاصل از آن در میزان نفوذپذیری خاک، نگه‌داشت آب در خاک، قابلیت انتقال آب در خاک و غیره تأثیرگذار است؛ لذا به نظر می‌آید در طول زمان، این پارامترها تغییر یابد. همچنین، در خاک‌های با بافت درشت، ذرات معلق موجود در سیلاب ممکن است سبب کاهش نفوذپذیری خاک شود. با توجه به برآیند نتایج متفاوت حاصل از پروژه‌های پخش سیلاب در نقاط مختلف، ضرورت دارد تا میزان متوسط این تغییرات و روند آن در طول زمان بررسی شود و با استفاده از نتایج بررسی‌های به عمل آمده روش یا روش‌های مناسبی در جهت افزایش بهره‌وری این طرح‌ها و ارائه پیشنهادهای راهبردی مهندسی و بهینه‌سازی طراحی شبکه‌ها ارائه شود. Kadkhodapour و Mirjalili (۲۰۰۶) به کمک استوانه مضاعف و با استفاده از آزمون آماری دانکن روند نفوذپذیری عرصه پخش سیلاب هرات را پس از سه سال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری در کاهش میزان نفوذپذیری عرصه پخش سیلاب وجود دارد. نتایج پژوهش Farzaneh و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی روند میزان نفوذپذیری عرصه پخش سیلاب سبزواری-داورزن، حاکی از معنی‌دار بودن کاهش میزان نفوذپذیری عرصه پخش نسبت به شاهد در سطح یک درصد پس از گذشت پنج سال بوده است. Sokooti و Oskouei و Mahdian (۲۰۰۸) روند تغییرات نفوذپذیری خاک در ایستگاه پخش سیلاب پلدشت واقع در استان آذربایجان غربی را با مناطق شاهد مقایسه و مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میانگین نفوذپذیری با توزیع نرمال، در سال اول تا پنجم و نیز میانگین نفوذپذیری در نوارهای اول تا سوم به طور محسوسی کاهش یافته است. همچنین داده‌های نوار اول با داده‌های نوارهای دوم و سوم

به‌عنوان محل‌های اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری انتخاب شدند (شکل ۱).

زاویه ۴۵ درجه نسبت به آن انتخاب شدند. با توجه به احتمال تغییر ساختمان خاک در موقع اندازه‌گیری نفوذ، در دوره بعد نیز نقاط اندازه‌گیری نفوذ با ۱۸۰ درجه تغییر نسبت به نقاط دوره ما قبل آن تعیین شدند؛ بنابراین، نقاط اندازه‌گیری در هیچ دوره روی هم قرار نگرفتند.

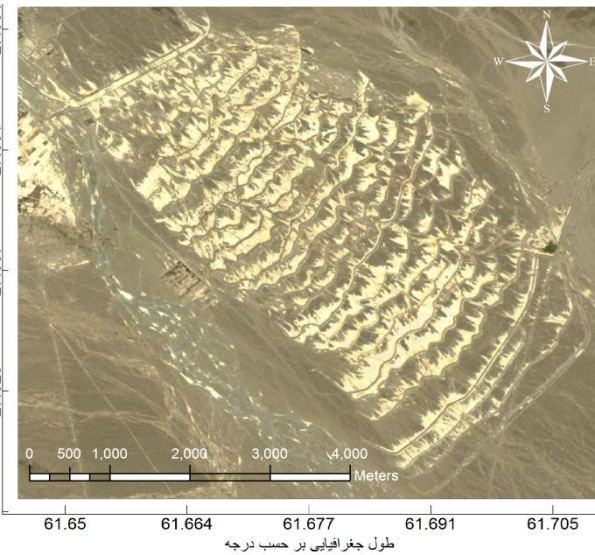


شکل ۲- موقعیت محل‌های اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری



شکل ۳- اندازه‌گیری نفوذپذیری در اطراف هر اشل

**اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک:** در این پژوهش اندازه‌گیری نفوذپذیری براساس استاندارد<sup>۱</sup> ASTM D 3385 اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری در صحرا و با استفاده از نفوذسنج استوانه مضاعف اندازه‌گیری شد. در میان روش‌های گوناگون اندازه‌گیری صحرائی نفوذپذیری، نفوذسنج‌های استوانه‌ای به‌دلیل دقت بالای آزمایش (Benson و همکاران، ۱۹۹۷)، ارزانی ساخت و سهولت کاربرد وسیله مناسبی برای اندازه‌گیری سرعت نفوذ می‌باشند.



شکل ۱- نمای کلی محدوده عرصه پخش سیلاب

در خارج از محل پخش سیلاب نیز عرصه‌ای به‌عنوان زمین شاهد انتخاب شد. علامت مشخصه نوارها تحت عنوان R نام‌گذاری شد؛ بنابراین در محل پخش سیلاب نوار اول الی سوم، R1 الی R3 و در زمین شاهد نوار R4 تعریف شد. همچنین، طول هر نوار به سه قسمت مساوی تقسیم و تحت عنوان مستطیل یا بلوک نام‌گذاری شد. علامت مشخصه مستطیل‌ها در محل پخش سیلاب از A1 تا A9 و در زمین شاهد از A10 تا A12 تعریف شد. در هر مستطیل نیز سه اشل، یکی در محل تلاقی قطر مستطیل‌ها و دو اشل دیگر در فاصله یک سوم قاعده هر مثلث نصب شد. علامت اشلهای در محل پخش سیلاب از S1 تا S27 و در عرصه شاهد از S28 تا S36 نام‌گذاری شد (شکل ۲).

نفوذپذیری خاک با استفاده از استوانه مضاعف در اطراف اشلهای نصب شده و با سه تکرار حول هر اشل و در دو مقطع زمانی با فاصله زمانی یک‌ساله به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ اندازه‌گیری شد (شکل ۳). برای این منظور دایره‌ای به‌شعاع چهار متر و به‌مرکز هر اشل ترسیم شد. نقاط اندازه‌گیری نفوذ در دوره اول بر روی محیط دایره و مطابق شکل ۴ انتخاب شدند. با انتخاب نقطه اول (P1) بر روی محیط دایره ترسیمی، نقاط یا تکرارهای دوم و سوم (P2, P3) با

<sup>1</sup> American Society for Testing Materials

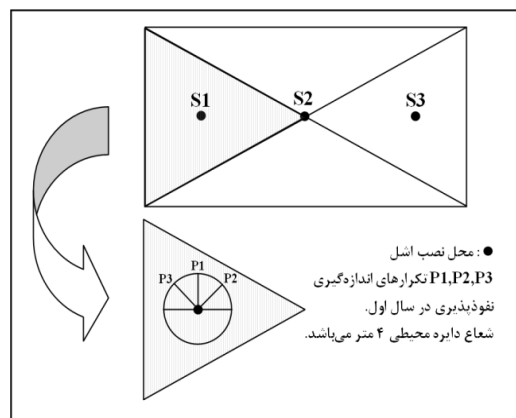
می‌شود. همچنین، برای تعیین توزیع نرمال داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک<sup>۲</sup> و نیز کولموگوروف-اسمیرنوف<sup>۳</sup> استفاده می‌شود.

با توجه به این که آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف غالباً برای داده‌هایی با حجم بالا (بیشتر از ۲۰۰۰ عدد) مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ براین اساس در این پژوهش از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. در این آزمون‌ها چنانچه ارزش P به دست آمده برای داده‌ها بیشتر از P در نظر گرفته شده برای انجام آزمون‌های آماری باشد (در اینجا سطح احتمال پنج درصد)، داده‌ها نرمال هستند، در غیر این صورت داده‌ها نرمال نیستند. همچنین، مقایسه‌های مختلف میزان نفوذپذیری از جمله مقایسه بین نوارها، بین بلوک‌ها (مستطیل‌ها)، مقایسه میزان نفوذپذیری نوارها و بلوک‌ها در طول دو نوبت اندازه‌گیری و نیز مقایسه با زمین شاهد انجام گرفت. لذا با توجه به نوع چینش داده‌ها، عملیات آماری متفاوتی به‌روى داده‌ها صورت گرفت.

در این مطالعه از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس<sup>۴</sup> برای مقایسه میزان نفوذپذیری بین نوارها (داده‌ها در این چینش دارای توزیع غیرنرمال بودند)، آزمون پارامتری واریانس دو طرفه<sup>۵</sup> برای مقایسه میزان نفوذپذیری بین بلوک‌ها در قالب زمان (داده‌ها در این چینش دارای توزیع نرمال بودند) و نیز آزمون ناپارامتری رتبه‌ای علامت‌دار ویلکاکسون<sup>۶</sup> برای مقایسه مقادیر میزان نفوذپذیری بین دو نوبت اندازه‌گیری استفاده شد.

### نتایج و بحث

مقادیر نفوذپذیری به‌دست آمده به‌روش مستقیم و با استفاده از استوانه مضاعف در دو دوره برداشت به‌شرح جدول ۱ می‌باشد. منظور از میانگین انتخابی در این جدول، احتساب میانگین از بین سه استوانه مضاعف می‌باشد که بستگی به‌مقادیر به‌دست آمده آن‌ها دارد. به‌عبارت دیگر، چنانچه مقدار نفوذپذیری



شکل ۴- نمای شماتیک محل‌های اندازه‌گیری نفوذپذیری در شبکه مستطیل شکل

میزان نفوذ نهایی براساس روش Kostiaikov (۱۹۳۲) محاسبه شد (رابطه ۱).

$$i(t) = \alpha t^{-\beta} \quad (1)$$

که در آن،  $i(t)$  میزان نفوذ در لحظه  $t$  بر حسب اینچ و  $t$  بر حسب ساعت،  $\alpha$  و  $\beta$  ضرایب ثابت‌های تجربی می‌باشند که بستگی به نوع خاک دارند. میزان نفوذ تجمعی طبق رابطه (۲) محاسبه می‌شود (Ravi و Williams، ۱۹۹۸).

$$I(t) = (\alpha/1-\beta)t^{(1-\beta)} \quad (2)$$

به‌علت تعدد اندازه‌گیری‌ها و همچنین، جهت تسریع در محاسبه نفوذپذیری در نقاط مختلف، از برنامه رایانه‌ای Infiltration استفاده شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری SigmaPlot نسخه ۱۲.۳ استفاده شد. نرم‌افزار مذکور دارای بخشی به‌نام راهنمای سحرآمیز<sup>۱</sup> می‌باشد که با توجه به نوع آنالیزی که قرار است کاربر به‌روی داده‌ها انجام دهد، گام به‌گام او را هدایت نموده تا بهترین آزمون را براساس الگوی چینش داده‌ها به کاربر معرفی نماید. همچنین، در طول آنالیز چنانچه داده‌ها دارای توزیع نرمال نباشند، بلافاصله کاربر را مطلع نموده و آزمون معادل دیگری را معرفی و اجرا می‌نماید. در حالت کلی قبل از هر چیز باید به نرمال بودن توزیع داده‌ها پرداخته شود. به‌طورکلی اگر توزیع داده‌ها نرمال باشد از آزمون‌های  $t$  و یا آنالیز واریانس و در صورت نرمال نبودن توزیع داده‌ها از آزمون‌های ناپارامتری استفاده

<sup>2</sup> Shapiro-Wilk

<sup>3</sup> Kolmogorov-Smirnov distance

<sup>4</sup> Kruskal-Wallis Test

<sup>5</sup> Two Way ANOVA

<sup>6</sup> Wilcoxon Signed-Rank Test

<sup>1</sup> Advisor Wizard

یکی از استوانه‌های مضاعف عدد نامناسبی را نشان دهد که با دو عدد دیگر تفاوت چشم‌گیری داشته باشد، از مقدار آن صرف‌نظر نموده و از دو مقدار دیگر

میانگین به‌عمل می‌آید و چنانچه هر سه عدد بسیار متفاوت بودند، آزمایش اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری باید تکرار شود.

**جدول ۱- مقادیر نفوذپذیری به‌دست آمده (سانتی‌متر بر ساعت) در دو نوبت اندازه‌گیری**

نوبت اول اندازه‌گیری				نوبت دوم اندازه‌گیری				
محل اندازه‌گیری* استوانه مضاعف ۱ استوانه مضاعف ۲ استوانه مضاعف ۳ میانگین انتخابی استوانه مضاعف ۱ استوانه مضاعف ۲ استوانه مضاعف ۳ میانگین انتخابی								
۶/۳۱	۱/۷۲	۷/۶۷	۵/۱۹	۴/۰۳	۴/۸۵	۲/۲۴	۴/۸۸	S1
۱/۲۷	۳/۱۸	۰/۳۹	۱/۵۸	۱/۵۹	۱/۷۰	۱/۹۵	۱/۱۳	S2
۱/۴۲	۱/۷۶	۱/۱۷	۱/۲۹	۵/۱۸	۴/۹۰	۵/۳۲	۱۴/۷۵	S3
۸/۰۳	۸/۳۸	۲/۵۲	۷/۳۲	۶/۱۳	۵/۸۶	۶/۶۲	۴/۳۷	S4
۷/۰۳	۷/۷۶	۱/۸۴	۵/۶۶	۳/۶۸	۴/۱۳	۶/۴۲	۱/۸۰	S5
۱/۱۹	۰/۵۴	۱/۱۰	۲/۳۸	۱/۳۲	۱/۲۳	۰/۹۱	۱/۹۹	S6
۰/۷۸	۱/۲۸	۰/۶۱	۰/۶۲	۲/۴۵	۲/۳۸	۳/۲۶	۱/۷۰	S7
۰/۷۱	۰/۳۹	۰/۸۶	۱/۰۴	۰/۷۳	۰/۸۵	۰/۷۲	۰/۵۵	S8
۶/۰۸	۵/۶۵	۶/۱۷	۲/۰۶	۶/۱۱	۵/۸۰	۷/۹۷	۳/۹۵	S9
۴/۶۲	۳/۱۸	۵/۰۶	۵/۸۱	۵/۰۱	۵/۲۹	۶/۵۵	۳/۵۴	S10
۹/۶۴	۷/۷۶	۲۰/۷۹	۱۱/۲۹	۶/۱۹	۷/۱۹	۶/۶۶	۴/۸۵	S11
۴/۳۱	۵/۲۳	۲/۲۰	۶/۶۳	۴/۵۷	۳/۲۹	۴/۸۵	۵/۸۰	S12
۱/۰۵	۰/۴۰	۵/۲۹	۱/۶۰	۱/۳۲	۱/۴۱	۲/۲۵	۰/۶۵	S13
۲/۸۵	۲/۳۸	۲/۶۱	۳/۷۳	۳/۲۶	۲/۷۳	۲/۸۹	۳/۷۳	S14
۵/۳۳	۵/۲۶	۵/۵۳	۴/۹۷	۶/۳۰	۶/۹۸	۴/۴۴	۷/۹۹	S15
۲/۸۸	۴/۱۹	۳/۲۸	۱/۶۱	۲/۹۴	۲/۲۰	۴/۲۴	۲/۵۳	S16
۰/۷۴	۰/۹۱	۰/۳۷	۰/۹۲	۲/۰۵	۲/۰۲	۱/۶۰	۲/۱۶	S17
۵/۲۰	۴/۶۹	۵/۷۱	۰/۴۰	۵/۹۱	۶/۱۷	۵/۶۶	۲/۸۰	S18
۶/۱۴	۶/۸۵	۵/۹۰	۵/۶۱	۳/۲۷	۳/۲۶	۷/۷۶	۳/۰۰	S19
۰/۹۸	۰/۸۲	۱/۲۸	۰/۹۰	۲/۰۲	۲/۳۴	۱/۸۸	۱/۷۰	S20
۳/۳۸	۲/۰۰	۳/۲۹	۵/۸۰	۳/۶۸	۳/۸۷	۳/۳۰	۳/۸۷	S21
۴/۰۶	۴/۹۹	۲/۰۳	۶/۱۷	۴/۱۱	۴/۶۷	۳/۶۱	۷/۶۰	S22
۵/۶۵	۴/۱۱	۷/۶۷	۱/۴۱	۹/۸۰	۱/۲۴	۹/۵۵	۹/۸۵	S23
۱/۰۹	۰/۴۴	۱/۹۹	۱/۳۴	۰/۹۵	۰/۹۷	۱/۰۴	۰/۸۵	S24
۱/۲۵	۱/۶۰	۱۰/۳۸	۰/۹۷	۱/۱۸	۴/۲۹	۱/۵۳	۰/۹۱	S25
۱/۸۰	۳/۵۳	۰/۹۹	۱/۵۳	۲/۸۶	۲/۰۱	۲/۷۸	۴/۱۳	S26
۱/۶۶	۱/۰۹	۱/۸۳	۲/۲۷	۱/۶۹	۲/۳۹	۱/۷۷	۱/۱۰	S27
۸/۱۰	۷/۵۰	۷/۹۰	۸/۹۱	۸/۳۹	۱۱/۶۱	۸/۲۳	۵/۳۴	S28
۸/۹۱	۹/۳۱	۸/۵۱	۱۳/۹۰	۹/۱۸	۹/۳۳	۹/۰۲	۱۵/۳۰	S29
۸/۱۸	۷/۲۱	۸/۲۴	۹/۱۰	۷/۶۳	۱۳/۷۵	۷/۰۱	۸/۲۵	S30
۸/۲۰	۸/۹۵	۳/۱۲	۷/۴۵	۷/۷۱	۹/۰۲	۸/۰۱	۶/۱۱	S31
۷/۹۴	۷/۵۸	۷/۷۲	۸/۵۲	۸/۲۸	۴/۰۲	۸/۶۶	۷/۸۹	S32
۸/۲۱	۸/۲۶	۸/۴۶	۷/۹۰	۹/۲۳	۱/۱۲	۹/۵۰	۸/۹۶	S33
۷/۸۹	۱/۴۲	۸/۱۳	۷/۶۴	۸/۳۸	۸/۰۹	۷/۹۴	۹/۱۱	S34
۷/۶۹	۶/۹۲	۷/۸۰	۸/۳۴	۸/۱۰	۸/۰۹	۷/۱۱	۹/۱۰	S35
۸/۳۹	۸/۸۸	۸/۰۸	۸/۲۲	۸/۶۶	۸/۱۹	۹/۶۸	۸/۱۱	S36

\* به شکل ۲ مراجعه شود.

داشته است. در نوبت اول اندازه‌گیری کمترین مقدار نفوذ ۰/۷۳ سانتی‌متر بر ساعت و مربوط به‌محل S8 در نوار اول (R1) و مستطیل A3 می‌باشد. همچنین، بیشترین مقدار نفوذ در این نوبت ۹/۸۰ سانتی‌متر بر ساعت و مربوط به‌محل S23 در نوار سوم (R3) و

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود نوسانات زیادی در مقادیر نفوذپذیری در دو نوبت اندازه‌گیری مشاهده می‌شود. به‌طوری‌که گاهی میزان نفوذپذیری در نوبت دوم اندازه‌گیری نسبت به نوبت اول در یک محل افزایش و در محل دیگر کاهش

اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری سطحی، تفاوتی مشاهده نشده است را می‌توان دو عامل مهم تعداد کم رخداده سیل (سه رخداد) و نیز مدت زمان کوتاه یک‌ساله بین دو نوبت اندازه‌گیری دانست. برای تعیین تغییرات میزان نفوذپذیری بین نوارها با هم و با شاهد به‌دلیل توزیع غیرنرمال داده‌ها در این چینش، از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس استفاده شد. گروه‌بندی میانگین این آزمون به‌شرح جدول ۲ می‌باشد.

با توجه به P به‌دست آمده از آزمون کروسکال-والیس که مساوی و کوچک‌تر از  $0/001$  می‌باشد و به‌مراتب از P در نظر گرفته شده برای سطح معنی‌داری آزمون ( $0/05$ ) کوچک‌تر است، در نتیجه تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود دارد که مقایسه این گروه‌ها با استفاده از روش استیودنت-نیومن-کولز<sup>۱</sup> انجام شد. البته روش‌های دیگری نیز برای مقایسه گروه‌ها از جمله توکی<sup>۲</sup>، دانت<sup>۳</sup> و دانز<sup>۴</sup> نیز وجود دارد که پیشنهاد نرم‌افزار برای این مقایسه روش استیودنت-نیومن-کولز و توکی بود که نتایج مشابهی به‌دست آمد. نتایج این مقایسه مشخص‌کننده این موضوع بود که سه نوار عرصه پخش (R1, R2, R3) در میزان نفوذپذیری در دو نوبت اندازه‌گیری (C1, C2) با یکدیگر و در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند، ولی نوار عرصه شاهد (R4) با هر سه نوار در هر دو نوبت اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری دارد. Mahdian و Sokooti Oskouei (۲۰۰۸) نیز در مطالعه خود در میزان نفوذپذیری عرصه پخش سیلاب پلدشت، خبر از کاهش میزان نفوذ عرصه پخش نسبت به شاهد دادند. Ghazavi و Vali (۲۰۰۹) نیز خبر از کاهش میزان نفوذپذیری عرصه پخش سیلاب باباطاهر در استان فارس نسبت به زمین شاهد دادند. Bagheri و همکاران (۲۰۱۱) نیز با استفاده از تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری بین نوارها مشاهده نکردند ولی بین نوارها و عرصه شاهد در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری را ملاحظه نمودند.

مستطیل A8 می‌باشد. در نوبت دوم اندازه‌گیری نیز کمترین مقدار نفوذ  $0/71$  سانتی‌متر بر ساعت و مربوط به‌محل S8 در نوار اول (R1) و مستطیل A3 می‌باشد. بیشترین مقدار نفوذ نیز در همین نوبت اندازه‌گیری  $9/64$  سانتی‌متر بر ساعت و مربوط به‌محل S11 در نوار دوم (R2) و مستطیل A4 می‌باشد و کمترین مقدار نفوذ در هر دو نوبت اندازه‌گیری مربوط به‌محل S8 در مستطیل A3 در نوار اول می‌باشد، دلیل اصلی اختلاف زیاد مابین مقادیر نفوذپذیری (حداقل و حداکثر) در داخل عرصه‌های پخش و نیز نوسانات زیاد در کاهش یا افزایش میزان نفوذ را می‌توان مربوط به غیریکنواختی کامل بافت خاک شبکه‌های پخش سیلاب دانست. با توجه به ورود سیلاب‌های حاوی مواد معلق به داخل شبکه‌های پخش سیلاب و نفوذ این مواد ریزدانه در داخل خلل و فرج آبرفت‌های درشت‌دانه، بافت خاک تغییر خواهد نمود. همچنین، توزیع نامناسب رسوب در داخل شبکه‌های پخش نیز از جمله عامل مهم دیگر در این تفاوت‌هاست. از عوامل تاثیرگذار دیگر نیز می‌توان به‌شیب زمین، توپوگرافی، پوشش گیاهی داخل شبکه‌های پخش، حجم سیل و نیز سیل‌گیری یا عدم سیل‌گیری بلوک‌های آزمایش اشاره نمود. براساس تقسیم‌بندی‌های ارائه شده در این خصوص توسط محققین و یا سازمان‌های مختلف از جمله سازمان حفاظت خاک آمریکا، عرصه پخش سیلاب مورد مطالعه براساس دامنه مقادیر نفوذپذیری به‌دست آمده، تمام گروه‌های هیدرولوژیکی خاک را شامل می‌شود. براساس تقسیم‌بندی Tideman (۱۹۹۶) عرصه پخش سیلاب شامل تمامی گروه‌بندی‌های میزان نفوذپذیری از کم تا زیاد می‌باشد و این دلالت بر غیریکنواختی کامل خاک عرصه پخش سیلاب مورد مطالعه می‌کند (Alizadeh, ۲۰۱۱).

به‌منظور مشخص نمودن وضعیت کلی افزایشی یا کاهش‌ی بودن مقادیر میزان نفوذپذیری در نوبت دوم نسبت به نوبت اول اندازه‌گیری از آنجایی‌که داده‌ها دارای توزیع نرمال نبودند از آزمون رتبه‌ای علامت‌دار ویلکاکسون استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری بین مقادیر میزان نفوذ در دو نوبت اندازه‌گیری وجود ندارد. از دلایل اصلی این موضوع که بین دو نوبت

<sup>1</sup> Student-Newman-Keuls

<sup>2</sup> Tukey

<sup>3</sup> Dunnett

<sup>4</sup> Dunn's

## جدول ۲- گروه‌بندی میزان نفوذپذیری نوارها در آزمون

گروه‌ها	تعداد	کروسکال-والیس	
		میان	میان
		٪ ۲۵	٪ ۷۵
		(cm/h)	(cm/h)
R1C1	۹	۳/۶۸۰	۵/۶۴۵
R2C1	۹	۴/۵۷۰	۶/۱۰۵۰
R3C1	۹	۲/۸۶۰	۳/۸۹۵
R4C1	۹	۸/۳۸۰	۸/۹۲۰
R1C2	۹	۱/۴۲۰	۶/۶۷۰
R2C2	۹	۴/۳۱۰	۵/۲۶۵
R3C2	۹	۱/۸۰۰	۴/۸۵۵
R4C2	۹	۸/۱۸۰	۸/۳۰۰

H آزمون با ۷ درجه آزادی برابر است با:  $۳۴/۸۷۱$  و  $P = < ۰/۰۰۱$

R: نوارها، C1: نوبت اول اندازه‌گیری و C2: نوبت دوم اندازه‌گیری

داده‌ها آزمون واریانس یک‌طرفه<sup>۲</sup> می‌باشد، ولی از آنجایی که آنالیز واریانس دو طرفه در مقایسه با آنالیز واریانس یک‌طرفه قدرت مقایسه بیشتری برای دو عامل واریانس زمان و مکان دارد، بنابراین، از این آنالیز برای مقایسه دقیق‌تر بلوک‌ها در دو نوبت اندازه‌گیری استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌ها برای بلوک‌های آزمایش به شرح جدول ۳ می‌باشد.

## جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های میزان نفوذپذیری برای دو

عامل زمان و مکان (بلوک‌ها) در سطح احتمال پنج درصد					
منابع	درجه	درجه	میانگین	F	احتمال
تغییر	آزادی	آزادی	مربعات		
بلوک‌ها	۱۱	۳۵۹/۶۰۳	۳۲/۶۹۱	۶/۹۴۲	< ۰/۰۰۱
زمان	۱	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۰۷۱۷	۰/۷۹۰
مانده	۴۸	۲۲۶/۰۳۸	۴/۷۰۹	-	-
کل	۷۱	۵۹۷/۱۸۹	۸/۴۱۱	-	-

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بین بلوک‌ها یا مستطیل‌های آزمایش در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری به‌میزان کمتر از ۰/۰۰۱ وجود دارد و این مقدار از سطح احتمال در نظر گرفته شده برای آزمون (۰/۰۵) کوچک‌تر است، در نتیجه بین بلوک‌های آزمایش تفاوت معنی‌دار وجود دارد که برای مقایسه گروه‌ها از روش استیودنت-نیومن-کولز استفاده و نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است.

## جدول ۴- مقایسه بلوک‌ها (مستطیل‌ها) در میزان نفوذپذیری با استفاده از روش استیودنت-نیومن-کولز در دو نوبت اندازه‌گیری

مقایسه	تفاوت میانگین‌ها	q
A11C1 با A9C1	۶/۴۹۷	۵/۱۸۵
A10C1 با A9C1	۶/۴۹۰	۵/۱۸۰
A12C1 با A9C1	۶/۴۷۰	۵/۱۶۴
A10C2 با A9C2	۶/۸۲۷	۵/۴۴۹
A11C2 با A9C2	۶/۵۴۷	۵/۲۲۵
A12C2 با A9C2	۶/۴۲۰	۵/۱۲۴

برای دومین عامل واریانس یعنی زمان مشاهده می‌شود که مقدار P به‌دست آمده از انجام آزمون برابر ۰/۷۹۰ می‌باشد که از سطح احتمال در نظر گرفته شده برای آزمون بزرگ‌تر است. در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال

نبود تفاوت معنی‌دار بین نوارها در دو نوبت اندازه‌گیری را می‌توان به دو عامل مهم که قبلاً نیز به آن اشاره شد، یکی تعداد کم رخداد سیل (سه رخداد) و دیگری مدت زمان کوتاه یک‌ساله بین دو نوبت اندازه‌گیری نسبت داد. ولی داشتن تفاوت معنی‌دار برای عرصه شاهد با تمامی نوارهای پخش در هر دو نوبت اندازه‌گیری را می‌توان در موارد زیر جستجو نمود.

• تفاوت زیاد بین نوع بافت خاک عرصه شاهد نسبت به عرصه پخش سیلاب. بافت خاک حاکم در عرصه شاهد را sand و بافت غالب عرصه پخش را loam و silty loam تشکیل می‌دهد (Shafiey Dastjerdi و همکاران، ۲۰۱۲).

• رخدادهای زیاد سیل در این مدت طولانی  
• عدم سکون آب در محل زمین شاهد و در نتیجه عدم نفوذ ذرات معلق ریزدانه به داخل پروفیل خاک در محل شاهد

• همچنین، به‌منظور مقایسه میزان نفوذپذیری مستطیل‌ها یا بلوک‌های نوارهای عرصه پخش، داده‌ها مجدداً براساس الگوی نرم‌افزار چیده شدند. لیکن با توجه به نوع چیدمان داده‌ها، در این مرحله داده‌ها دارای توزیع نرمال بودند؛ بنابراین از آزمون پارامتری واریانس دو طرفه<sup>۱</sup> استفاده شد و نتایج واقعی به‌دست آمد. لازم به‌ذکر است که معادل آزمون کروسکال-والیس، در حالت نرمال بودن توزیع

<sup>2</sup> One Way ANOVA

<sup>1</sup> Two Way ANOVA

با توجه به توزیع نرمال داده‌های رسوب در شبکه‌های پخش سیلاب (جدول ۶) میانگین رسوبات نهشته شده در نوارهای پخش به شرح جدول ۷ است. در هر دو نوبت اندازه‌گیری، مقدار P به دست آمده از آزمون شاپیرو-ویلک بیشتر از P در نظر گرفته شده برای آزمون می‌باشد، در نتیجه داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشند.

جدول ۶- آزمون شاپیرو-ویلک به منظور تعیین نرمال بودن

داده‌های رسوب در عرصه پخش سیلاب	
P	نوبت اندازه‌گیری
۰/۲۰۳	نوبت اول
۰/۳۴۲	نوبت دوم

جدول ۷- میانگین رسوبات نهشته شده در نوارهای مورد مطالعه

پخش سیلاب (میلی‌متر)		
محل اندازه‌گیری	نوبت اول اندازه‌گیری	نوبت دوم اندازه‌گیری
R1	۱۰	۶
R2	۸	۸
R3	۱۰	۱۱
R4	.	.

طبق جدول ۷ مشاهده می‌شود که میانگین میزان رسوب در نوار اول در نوبت دوم نسبت به اول، کاهش یافته است و این با مکانیسم طبیعی پخش سیلاب منافات دارد. با پژوهشی که در این خصوص به عمل آمد، مشاهده شد که دلیل اصلی آن کاهش کد ارتفاعی دروازه‌های پخش نوارهای بالادستی به منظور آب‌گیری بیشتر پخش سیلاب بوده است که توسط مجریان پروژه پخش سیلاب اعمال شده بود. با کاهش کد ارتفاعی دروازه پخش، میزان آب‌گیری نوار افزایش یافته و به تبع آن سرعت و حجم آب نیز زیادتر می‌شود که باعث حمل قشر نازکی از سطح رسوب و انتقال آن به نواحی پایین‌دست یعنی نوارهای انتهایی خواهد شد. نوار دوم نیز متأثر از همین موضوع بوده و تغییری در میزان رسوب نداشته است و نوار سوم نیز مقدار ناچیزی بر ضخامت رسوب آن افزوده شده است.

دلیل اصلی اختلاف زیاد مابین مقادیر نفوذپذیری (حداقل و حداکثر) در داخل عرصه‌های پخش و نیز نوسانات زیاد در کاهش یا افزایش میزان نفوذ را

پنج درصد بین دو نوبت اندازه‌گیری بین بلوک‌ها (مستطیل‌های آزمایش) وجود ندارد. در جدول ۴ فقط مقایسه‌هایی نمایش داده شده که دارای تفاوت معنی‌داری بودند.

جدول ۴ بیانگر وجود تفاوت معنی‌داری در مستطیل A9 در دو نوبت اندازه‌گیری با مستطیل‌های شاهد و در سطح احتمال پنج درصد است و تمامی مستطیل‌های دیگر با یکدیگر و نیز با شاهد تفاوت معنی‌داری را از خود نشان نداده‌اند. با نگاهی بر جدول توزیع رسوب در شبکه‌های پخش سیلاب و نیز موقعیت مستطیل A9 در پخش سیلاب می‌توان به حقیقت فوق دست یافت (جدول ۵).

جدول ۵- رسوب نهشته شده در شبکه پخش سیلاب (میلی‌متر)

محل اندازه‌گیری	نوبت اول	نوبت دوم	محل اندازه‌گیری	نوبت اول	نوبت دوم
S1	۸	۵	S19	۱۱	۱۰
S2	۹	۷	S20	۱۲	۱۲
S3	۸	۶	S21	۱۱	۱۱
S4	۹	۳	S22	۷	۹
S5	۱۰	۴	S23	۳	۱۱
S6	۱۳	۹	S24	۸	۱۰
S7	۱۱	۹	S25	۱۳	۱۴
S8	۱۳	۹	S26	۱۰	۱۲
S9	۸	۵	S27	۱۲	۱۳
S10	۷	۶	S28	.	.
S11	۶	۴	S29	.	.
S12	۷	۷	S30	.	.
S13	۹	۱۰	S31	.	.
S14	۹	۹	S32	.	.
S15	۷	۶	S33	.	.
S16	۱۱	۱۰	S34	.	.
S17	۱۲	۱۳	S35	.	.
S18	۸	۱۰	S36	.	.

میزان ضخامت رسوبات نهشته شده در محل مستطیل A9 نسبت به سایر بلوک‌های عرصه پخش بیشتر می‌باشد و این خود می‌تواند یکی از دلایل مهم کاهش میزان نفوذ در این مستطیل باشد. دلیل اصلی افزایش میزان رسوب در این مستطیل نیز به موقعیت بلوک A9 مربوط می‌شود که در نوار سوم قرار گرفته است و بیشتر ریزدانه‌ها به دلیل سرعت و آشفتگی زیاد سیل نمی‌توانند در نوارهای ابتدایی ته‌نشست کنند، لیکن در این نوار، آب آرامش بیشتری یافته و رسوبات ریزدانه فرصت ته‌نشست شدن می‌یابند.



می‌توان مربوط به غیریکنواختی کامل خاک شبکه‌های پخش سیلاب دانست. با توجه به ورود سیلاب‌های حاوی مواد معلق به‌داخل شبکه‌های پخش سیلاب و نفوذ این مواد ریزدانه در داخل خلل و فرج آبرفت‌های درشت‌دانه، بافت خاک تغییر خواهد نمود. همچنین، توزیع نامناسب رسوب در داخل شبکه‌های پخش نیز از جمله عامل مهم دیگر در این تفاوت‌هاست. از عوامل تأثیرگذار دیگر نیز می‌توان به شیب زمین، توپوگرافی، پوشش گیاهی داخل شبکه‌های پخش، حجم سیل و نیز سیل‌گیری یا عدم سیل‌گیری بلوک‌های آزمایش اشاره نمود.

به‌منظور مشخص نمودن وضعیت کلی افزایشی یا کاهش‌ی بودن مقادیر میزان نفوذپذیری در نوبت دوم نسبت به نوبت اول اندازه‌گیری، از آنجایی‌که داده‌ها دارای توزیع نرمال نبودند از آزمون رتبه‌ای علامت‌دار ویلکاکسون استفاده شد. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان‌دهنده این موضوع بود که بین دو نوبت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و از دلایل اصلی آن می‌توان به دو عامل مهم یکی تعداد کم رخداد سیل (سه رخداد) و دیگری مدت زمان کوتاه یک‌ساله بین دو نوبت اندازه‌گیری اشاره کرد.

برای تعیین تغییرات میزان نفوذپذیری بین نوارها (R) با یکدیگر و نیز با زمین شاهد به‌دلیل توزیع غیرنرمال داده‌ها در این چینش، از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که سه نوار عرصه پخش (R1, R2, R3) در میزان نفوذپذیری در دو نوبت اندازه‌گیری (C1, C2) با یکدیگر و در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند، ولی نوار عرصه شاهد (R4) با هر سه نوار دیگر در هر دو نوبت اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری دارد. به‌عبارت‌دیگر، میزان نفوذپذیری کل نوارهای مورد مطالعه پخش سیلاب نسبت به زمین شاهد کاهش داشته است. نبود تفاوت معنی‌دار بین نوارها در دو

نوبت اندازه‌گیری را می‌توان به دو عامل مهم یکی تعداد کم رخداد سیل (سه رخداد) و دیگری مدت زمان کوتاه یک‌ساله بین دو نوبت اندازه‌گیری دانست.

همچنین، به‌منظور مقایسه میزان نفوذپذیری مستطیل‌ها یا بلوک‌های نوارهای عرصه پخش، با توجه به نوع چیدمان داده‌ها، در این مرحله داده‌ها دارای توزیع نرمال بودند؛ بنابراین از آزمون پارامتری واریانس دو طرفه استفاده شد. نتایج این آزمون بیانگر این موضوع بود که فقط مستطیل A9 در دو نوبت اندازه‌گیری با مستطیل‌های شاهد در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشته است و تمامی مستطیل‌های دیگر در هیچ نوبت اندازه‌گیری با یکدیگر و نیز با شاهد تفاوت معنی‌داری از خود نشان نداده‌اند. دلیل اصلی این تفاوت نیز مربوط به ضخامت بیشتر رسوبات نهشته شده در محل مستطیل A9 نسبت به سایر بلوک‌های عرصه پخش است که این خود یکی از دلایل مهم کاهش میزان نفوذ در این مستطیل می‌باشد. دلیل اصلی افزایش میزان رسوب در این مستطیل نیز به موقعیت بلوک A9 مربوط می‌شود که در نوار سوم قرار گرفته است و بیشتر مواد معلق ریزدانه به‌دلیل سرعت و آشفتگی زیاد سیل نمی‌توانند در نوارهای ابتدایی ته‌نشست شوند. درحالی‌که در محل مستطیل A9 آب آرامش بیشتری یافته و رسوبات ریزدانه فرصت ته‌نشست می‌یابند. همچنین، از لحاظ کمی، میزان نفوذپذیری سطحی عرصه پخش نسبت به عرصه شاهد ۵۵/۹۴ درصد و در طول بازه زمانی یک‌ساله نیز به‌میزان ۳/۲۳ درصد از خود کاهش نشان داده است.

#### منابع مورد استفاده

1. Alizadeh, A. 2011. Principles of applied hydrology. Astan Ghods of Imam Reza. Ferdowsi University of Mashhad. 912 pages (in Persian).
2. American Society for Testing Materials. 1994. Standard test method for infiltration rate of soils using double-ring infiltrometer. Section 4, Vol. 4.08.

3. Bagheri, M., M.R. Javadi, M. Vafakhah and S. Gholami. 2011. Flood impact on soil permeability using double rings, case study: Delijan flood water spreading. Regional Conference on Sustainable Development. Islamic Azad University, Noor, Mazandaran (in Persian).
4. Benson, C., J. Gunter, G. Boutwell, S. Trautwein and P. Berzanskis. 1997. Comparison of four methods to assess hydraulic conductivity. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, American Society of Civil Engineering, 123(10): 929-937.
5. Farzaneh, H., M.H. Mahdian and A. Gazanchian. 2007. Flood and its effect on the permeability of the Sabzevar-Davarzan flood water spreading. 9th Seminar on Irrigation and Reduce Water Evaporation. Kerman University (in Persian).
6. Ghazavi, R. and A. Vali. 2009. Flood effects on infiltration rate and some physico-chemical properties of soil. *Proceedings of the 11th Congress of Soil Science*, Tehran, Iran.
7. Ghazavi, R., A. Vali and S. Eslamian. 2010. Impact of flood spreading on infiltration rate and soil properties in an arid environment. *Water Resources Management*, 24(11): 2781-2793.
8. Jones, O.R., D.W. Goss and A.D. Schneider. 1981. Management of recharge basin on the southern high plains. *Transactions of the ASAE*, 24(4): 977-980.
9. Kadkhodapour, M.A. and A.B. Mirjalili. 2006. Flood effects on soil permeability changes in Herat flood water spreading station. 9th Seminar on Irrigation and Reduce Water Evaporation. Kerman University (in Persian).
10. Kostiakov, A.N. 1932. On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity of studying it from a dynamic point of view for the purposes of amelioration. *Trans. Com. International Society of Soil Science*, Russian Part A: 17-21.
11. Ravi, V. and J.R. Williams. 1998. Estimation of infiltration rate in the vadose zone: compilation of simple mathematical models. Volume I. United States Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory. U.S. EPA, Ada, OK 74820, EPA/600/R-97/128a.
12. Sarreshtehdari, A. and A.K. Skidmore. 2005. Soil properties changing after flood spreading project, case study in Iran. ICID 21st European Regional Conference, Frankfurt Oder and Slubice, Germany and Poland.
13. Shafiey Dastjerdi, A., H. Hosseini Marandi, A. Sarvarinezhad and M. Khalili. 2012. Flood effects on changes in soil physical and chemical properties of Paskuh flood water spreading station. *Soil Conservation and Watershed Management Research Institute*, Tehran (in Persian).
14. Sokooti Oskouei, R. and M.H. Mahdian. 2008. Flood effects on soil permeability changes in Poldasht flood water spreading station. *First National Conference on Management and Sustainable Development in Agriculture*, Ahvaz (in Persian).
15. Tideman. E.M. 1996. *Watershed management. Guidelines for Indian Conditions*. Omega Scientific Publishers, New Delhi.

## Investigation of soil infiltration trend changes through direct method, case study: Paskuh floodwater spreading

**Abdolrasoul Shafiey Dastjerdi**<sup>1</sup>, MSc, Agricultural and Natural Resources Research Center, Sistan and Baluchestan, Iran

**Mohammad Hossein Mahdian**, Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

**Kourosh Kamali**, MSc, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

**Hamid Hoseyni Marandi**, Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Fars, Iran

Received: 8 October 2012

Accepted: 2 April 2013

### Abstract

Entrance of high volume of floodwater containing huge amount of suspended sediments into the floodwater spreading networks which deposits sediments, as well as infiltration of soluble materials and fine grained, gradually changes the infiltration rate of soils. The aims of this project is to study the quantity and the process of changes made in the soil of Saravan floodwater spreading station. This research has tried to use direct method of infiltration rate measurement, using double ring infiltrometer in two separate time periods of one year each, and to compare it to the experimental area. In order to specify overall situation of infiltration rates in terms of increase or decrease in second period of measurement in comparison to the first one, and as far as data were not distributed normally, Wilcoxon signed-rank test was used. The results showed no significant difference between two separate measurement periods due to few number of floodwater occurrences (three times) in addition to short time interval of one year between the two measurement periods. To determine changing rate of infiltration between strips and between the strips and the experimental field, as far as abnormal distribution of data in this arrangement were concerned, Kruskal-Wallis test was used. Results indicated that the three strips of flood spreading area have no significant difference (at five percent probability level) in two periods of measurement, but the strip related to experimental area has significant difference with other three strips and in both measurement periods. In other words, infiltration rates of all strips under floodwater spreading have been decreased in relation to the experimental area. Moreover, the results were explanatory that only one of the rectangular in both measurement periods had significant difference with experimental rectangular (at five percent probability level) and all the other rectangular have had no significant differences with each other and in comparison to the experimental one, in none of periods of measurement. Main reason of this difference is also related to the thicker sediments deposits in rectangular location, compared to other blocks. Also, infiltration rate decreased by 55.94 percent in flood spreading area compared to experimental area during one-year timeframe and 3.23 percent of reduction.

**Key words:** Aquifer, Double-Rings, Kruskal-Wallis test, Sediment, Wilcoxon test

---

<sup>1</sup> Corresponding author: shafiey2005@yahoo.com