صص ۹۸-۸۱

بررسی عوامل مؤثر در تغییرات الگوی جریان آب سطحی و تأثیرات آن در دینامیک محیط (مطالعه موردی: دشت موسیان استان ایلام)

محمدرضا جعفری*
استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
ایرج جباری
دانشیار ژئومورفولوژی دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی کرمانشاه، ایران
حاجی کریمی
استاد گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۲۱

چکیده
عوامل انسانی و طبیعی متعددی در تغییر الگوی زهکشی حوضه‌های آبخیز دخالت دارند. این تغییرات آثار مثبت و منفی مختلفی بر دینامیک محیط می‌گذارند. در این پژوهش سعی شده است مهم‌ترین عوامل مؤثر در تغییر الگوی جریان در دشت موسیان مشخص و آثار آن در تغییر دینامیک منطقه بررسی شود. برای این منظور ابتدا بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ سنجنده‌های ETM+ و OLI (سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۹۲) و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ در محیط GIS تغییرات الگوی جریان و کاربری اراضی منطقه مشخص و محاسبه گردید. سپس از طریق عملیات میدانی، آثار این تغییرات اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد پروژه پخش سیلاب مهم‌ترین عامل انسانی و جنس سازندهای زمین‌شناسی مهم‌ترین عامل طبیعی تأثیرگذار در تغییر الگوی جریان بوده‌اند. این تغییر الگوی جریان در دینامیک و کاربری اراضی منطقه تأثیر مثبتی گذاشته است که از جمله می‌توان به کنترل و کاهش سیلاب، تغذیه متوسط سالانه ۹/۱ میلیون مترمکعب، روند کاهشی میانگین نفوذپذیری، افزایش سطح زیر کشت در حدود ۲۴۱۰ هکتار و افزایش تولید علوفه ۱۰۹ کیلوگرم بر هکتار اشاره کرد.

واژگان کلیدی: الگوی جریان، پخش سیلاب، دینامیک محیط، کاربری اراضی، دشت موسیان

مقدمه

مسیر جریان‌های سطحی آب، یکی از موضوع‌ها مهم ژئومورفولوژی آثار متفاوتی در تغییر دینامیک محیط دارد. به نظر می‌رسد با بررسی نحوه تغییرات الگوی جریان و عوامل مؤثر بر آن و همچنین تأثیراتی که در دینامیک منطقه دارد به‌توان مناطق مستعد وقوع سیلاب، رسوب، آسیب‌پذیر و یا قابل توسعه اراضی را مشخص کرد. در این خصوص پژوهش‌های مختلفی انجام شده است، چنان‌که حبیبی (۱۳۸۸) معتقدند که بررسی تغییرات الگوهای جریان آب و ارائه

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۳۴۱۱۲۶۷ Email: mg_jafari@yahoo.com

الگوها و استانداردهای مناسب برای مدیریت و حفاظت آبراهه‌ها و مسیل‌ها به‌منظور کاهش خطرات وقوع سیل، مهار فرسایش‌های نامطلوب و بهره‌برداری بهینه از منابع آب، به‌نحوی که پاسخگوی نیازهای فعلی و نسل‌های آینده باشد از اهمیت بالایی برخوردار است. لین[۱] (۱۹۵۷) با بررسی عوامل انسانی و طبیعی متعدد و مؤثر در تغییر الگوی جریان معتقد است که از بین عوامل انسانی اقدامات و سازه‌های دست‌ساخت مسیر جریان‌های سطحی مهم‌ترین عامل تغییر الگوی جریان است. واندربرگ و همکاران[۲] (۲۰۱۲) در پژوهشی که در مورد تغییرات رودخانه جیول در جنوب هلند انجام داده معتقد است که علاوه بر تأثیر عوامل طبیعی، نقش انسان نیز در تغییرات مسیر جریان‌های رودخانه‌ای بسیار حائز اهمیت است. زیلیانی و سورین[۳] (۲۰۱۲) در بررسی تغییرات الگوی جریان در حوضه‌های آبخیز به این نتیجه رسیده‌اند که دخالت‌های انسانی عامل اصلی تغییر الگوی جریان رودخانه‌ای است. در حالی چانگ و تانگ[۴] (۲۰۱۲) در بررسی دشت‌های سیلابی معتقدند که عامل توپوگرافی و جریان‌های ثانویه باعث تغییر الگوی جریان آب می‌شود. ریلی و روهدس[۵] (۲۰۱۲) با مطالعه مورفولوژی بسترهای زهکشی به بررسی رابطه بین سرعت جریان و توپوگرافی پرداخته و نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های آن‌ها نشان می‌دهد تغییر الگوی جریان از مورفولوژی رودخانه تبعیت می‌کند. کاسیمی[۶] (۲۰۰۸) در پژوهش خود به این نتیجه رسیده است که تغییر مورفولوژی رودخانه بر اثر عوامل طبیعی شیب، فرایندهای رودخانه‌ای و سنگ‌بستر رخ می‌دهد. هیدروژئومورفولوژیک کاربری زمین نیز عامل مهم دیگری است که در تغییر الگوی جریان تأثیر دارد (رویالی[۷]، ۲۰۱۳). گاهی اوقات ممکن است پدیده‌های نظیر طوفان و رانش زمین باعث تغییر مسیر جریان‌های آب سطحی شوند (کرودک و همکاران[۸]، ۲۰۱۲). دیویدسون[۹] (۲۰۱۳) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و استخراج نقشه زمین‌ریخت‌شناسی دشت‌های سیلابی را مورد بررسی قرار داده و نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان می‌دهد با بررسی زمین‌ریخت‌ها در دشت‌های سیلابی می‌توان رفتار جریان آب سطحی را از نظر حمل و نقل مواد، رسوب‌گذاری، کاهش قدرت جریان و غیره را پیش‌بینی کرد. جعفر بیگلو و همکاران (۱۳۹۱) نیز از جمله پژوهشگرانی هستند که پژوهش‌های را درباره تغییرات الگوی جریان در منطقه گیلان غرب انجام دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می دهد عامل جنس تشکیلات و سازندهای زمین‌شناسی باعث تغییرات الگوی جریان در این منطقه شده است.

مقصودی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی روند تغییرات الگوی رودخانه خرم‌آباد به این نتیجه رسیده‌اند که تغییرات آن به دلیل تغییر کاربری اراضی مجاور رودخانه بوده است. یمانی و فخری (۱۳۹۱) در بررسی تغییرات الگوی رودخانه جگین در جلگه ساحلی مکران معتقد است که عامل انسانی (سیستم پخش سیلاب) باعث تغییر الگوی جریان در این

---

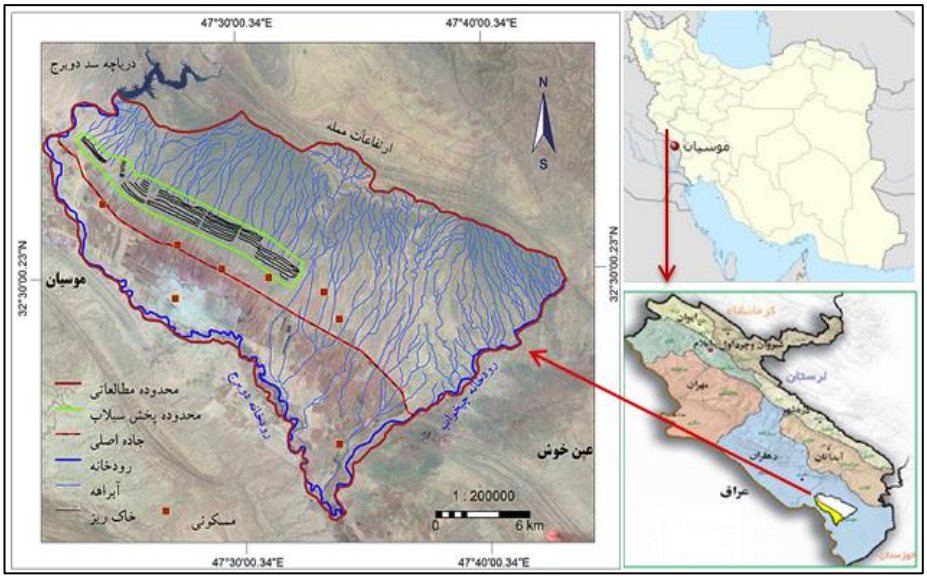
1. Lane
2. Vandnberghe et al
3. Ziliani & Surian
4. Chen & Tang
5. Riley& Rhoads
6. Kusimi
7. Royalli
8. Grodek et al
9. Davidson

حوضه می‌باشد. نتایج پژوهش ظهیری و جعفری (۱۳۸۵) در بررسی تغییرات الگوی رودخانه جراحی حاکی از آن است برداشت ماسه و شن بیشترین تأثیر را در تغییر الگوی جریان این رودخانه داشته است.

دشت موسیان مهم‌ترین دشت سیلابی شهرستان دهلران در استان ایلام به شمار می‌آید. در این دشت جریان‌های سطحی و بستر آبراهه‌ها به‌طور مرتب تغییر مسیر می‌دهند. به نظر می‌رسد در وقوع این تغییرات هم عوامل انسانی و هم طبیعی دخالت دارند. بنابراین با توجه به اینکه منطقه موسیان از مناطق مهم کشاورزی استان محسوب می‌شود و آب شرب شهرستان دهلران نیز از این دشت تأمین می‌گردد و همچنین روستاهای زیادی در این منطقه وجود دارد که منبع درآمد آن‌ها وابسته به فعالیت‌های کشاورزی و دامداری می‌باشد، لذا بررسی وضعیت الگوی جریان‌های سطحی و عوامل مؤثر در تغییر آن به لحاظ تأثیرات آن در تغییر کاربری و به‌تبع آن معیشت و اقتصاد منطقه بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل حدفاصل بین رودخانه‌های دویرج و چیخواب است که با مساحت ۴۰۰۵۴/۳ هکتار و مختصات جغرافیایی ً ۵۰ َ ۲۱ ْ ۳۲ تا َ ۰۴ َ ۳۶ ْ ۳۲ عرض‌شمالی ً ۴۲ َ ۲۲ ْ ۴۷ تا َ ۱۴ َ ۴۳ ْ ۴۷ طول شرقی در دشت موسیان از شهرستان دهلران در استان ایلام قرار دارد. ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا حدود ۲۰۰ متر است. منطقه تحت تأثیر اقلیم بیابانی گرم میانه تا شدید قرار دارد. میانگین بارندگی و دما به ترتیب ۲۳۵/۲ میلی‌متر و ۲۶/۴ درجه سانتی‌گراد است. مهم‌ترین سازندهای حوضه از قدیم به جدید عبارت‌اند از: سازندهای آغاجاری، کنگلومرای بختیاری و رسوب‌های آبرفتی کواترنر. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و شبکهٔ پخش سیلاب در استان ایلام را نشان می‌دهد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: منطقه مورد مطالعه و موقعیت شبکهٔ پخش سیلاب

داده‌ها و روش‌ها

بررسی عوامل مؤثر در تغییر الگوی جریان: به‌منظور بررسی تغییرات الگوی جریان و عوامل مؤثر بر آن ابتدا نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه رقومی شدند. بر اساس نقشه‌های رقومی شده، لایه‌های اطلاعاتی ارتفاعی منطقه، شبکهٔ آبراهه‌ها، شیب، جهت جریان، راه‌های ارتباطی و موقعیت روستاهای منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. برای بررسی فرم الگوی جریان، کاربری اراضی و وضع موجود، از تصاویر ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM[1] سال ۱۳۷۶ استفاده شد. این تصاویر عبارت بودند از: فریم‌های ۳۷– ۱۶۶ و ۳۸–۱۶۶ (باندهای ۵، ۴ و ۱) که در محیط GIS[2] بعد از انجام مراحل زمین مرجع نمودن آن‌ها و بارز سازی تصاویر، جهت بررسی و تفسیر بهتر عوارض باندهای انتخابی به ترتیب (قرمز، سبز و آبی) باهم ترکیب رنگ[3] شدند. در ادامه برای بررسی تغییرات ایجاد شده در الگوی جریان بر اساس پردازش تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI[4] سال ۱۳۹۲ و ترکیب بهترین باندهای استخراج مسیر جریان (باندهای ۷، ۴ و ۲) و اندازه‌گیری‌های میدانی استفاده شد. همچنین به‌منظور کمی نمودن این تغییرات روابط بین کمیت‌های مورفولوژیکی محدوده مورد پژوهش شامل: نسبت انشعاب، نسبت طول و تراکم زهکشی محاسبه شد. برای این منظور ابتدا در محیط GIS طول کلیه جریان‌های سطحی طی سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۹۲ بر اساس نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و کنترل میدانی استخراج و سپس طبق رابطه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ محاسبه شد.

– **محاسبه نسبت انشعاب:** از این نسبت به‌منظور بررسی پتانسیل سیل‌خیزی منطقه استفاده می‌شود. در این پژوهش برای رتبه‌بندی آبراهه‌ها از روش استدالر و محاسبه نسبت انشعاب بر اساس رابطه ۱ استفاده شد. بر اساس این رابطه هر چه نسبت انشعاب کمتر باشد دبی اوج بیشتر است. این نسبت در شاخه‌های سیستم طبیعی رود باید بین سه تا پنج باشد (مهدوی، ۱۳۷۸).

$$BR = (\frac{N1}{N2} + \frac{N2}{N3} + \frac{N3}{N4} \dots + \frac{Nn-1}{Nn})(\frac{1}{n-1}) \qquad (۱)$$

که در آن، BR نسبت انشعاب، N تعداد آبراهه در هر رده و n شماره آخرین رده آبراهه است.

– **محاسبه نسبت طول:** از این رابطه به‌منظور مشخص نمودن وضعیت ثبات و یا بی‌ثباتی رابطه بین رتبه و طول شاخه طبق رابطه ۲ استفاده می‌شود (فریفته، ۱۳۷۰).

$$R_L = (L_u/L_u - 1) \qquad (۲)$$

که در آن: R_L نسبت طول و L_u متوسط طول تمام شاخه‌های رتبه u می‌باشد. چنانچه مجموع طول آبراهه‌ها را بر تعداد شاخه‌های همان رتبه از رود تقسیم کنیم متوسط طول آن رتبه مشخص می‌شود (فریفته، ۱۳۷۰). متوسط طول شاخه بر اساس رابطه ۳ به‌دست می‌آید.

$$L_u = (\Sigma L_u/N_u) \qquad (۳)$$

---

[1]. Enhanced Thematic Mapper Plus
[2]. Geographic Information System
[3]. Color Composite
[4]. Operational Land Imager

- **تراکم شبکه زهکشی:** به‌منظور تعیین درجه تکامل و تغییرات کمی الگوی جریان بر اساس رابطه ۴ محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۷۴).

$$Dd = (\Sigma Li/A) \qquad (۴)$$

که در آن، Li طول هر یک از آبراهه‌های موجود در حوضه اعم از رودخانه‌های دائم و خشک‌رودها، برحسب کیلومتر، A= مساحت حوضه برحسب کیلومترمربع و Dd تراکم شبکه رودخانه حوضه برحسب کیلومتر بر کیلومترمربع می‌باشد (مهدوی، ۱۳۷۸).

در ادامه لایه‌های اطلاعاتی عواملی که گمان می‌رفت در تغییر الگوی جریان در دشت موسیان مؤثر باشند شامل: طبقات ارتفاعی، شیب، جهت جریان و تشکیلات زمین‌شناسی با طول نسبی آبراهه‌ها و توزیع مکانی آن‌ها، مربوط به سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۹۲ همپوشانی و تلفیق گردید. سپس طول‌های به‌دست آمده بر اساس طبقات لایه‌های یاد شده طی سال‌های مذکور طبقه‌بندی گردید.

بررسی تأثیرات تغییر الگوی جریان در محیط و کاربری اراضی: برای بررسی تأثیر تغییر الگوی جریان در دینامیک و کاربری اراضی منطقه، وضعیت سیلاب، تغذیه سفره آب زیرزمینی، نفوذپذیری، رسوب و بافت خاک، سطح اراضی زیر کشت، احیاء مراتع و تولید علوفه و غیره طی سال‌های مورد پژوهش، ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. برای بررسی وضعیت کاربری فعلی اراضی منطقه از تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI سال ۱۳۹۲ (ترکیب باندهای ۷، ۴ و ۱) و اندازه‌گیری‌های میدانی استفاده شد. تغییرات به وجود آمده از نظر نوع و سطح کاربری، پراکنش مکانی و غیره با نتایج حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۸۰ مقایسه شد. در ادامه برای اندازه‌گیری برخی از عوامل متأثر از تغییر الگوی جریان که اندازه‌گیری آن‌ها به‌وسیله تصاویر ماهواره‌ای ممکن نبود بر اساس بررسی گزارش‌ها و اندازه‌گیری‌های میدانی اقدام شد، شامل:

- **بیلان منابع آب زیرزمینی:** جهت ارزیابی بیلان منابع آب زیرزمینی منطقه میزان جریان ورودی، میزان آب نفوذی از بارندگی، میزان تغذیه از آب‌های برگشتی کشاورزی، شرب، صنعت، میزان تغذیه از سیلاب‌ها و همچنین تخلیه طبیعی توسط چشمه‌ها، زهکشی و تبخیر از آبخوان و میزان جریان خروجی در یک دوره ۱۷ ساله (از سال آبی ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۸) و در محدوده‌ای بیلان برابر ۲۷۱ کیلومترمربع محاسبه شد.

- **میزان نفوذپذیری:** با استفاده از استوانه مضاعف بر مبنای نفوذ پایه در فواصل زمانی ۱، ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دقیقه‌ای با تکرار لازم تا ثابت شدن سرعت نفوذ، ثبت و میزان نفوذ نهایی طبق معادله کوستیاکوف[1] انجام شد.

- **تغییرات بافت خاک و رسوب:** به‌منظور بررسی ضخامت خاک شناشی از رسوب‌گذاری و بررسی تغییرات عمق خاک، در طول هر خاک‌ریز در ۱۵ نقطه اقدام به نصب اشل شد. از دو پارامتر عمق رسوب و سطح گسترش رسوب برای اندازه‌گیری حجم رسوبات نهشته شده استفاده شد.

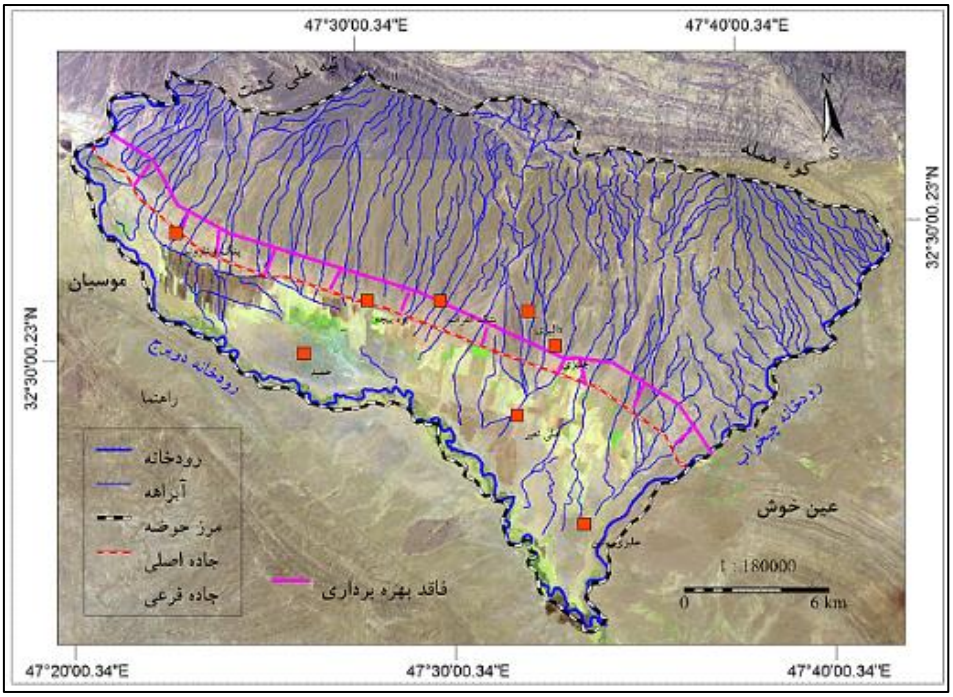
[1]. Kostiyakouf

– **میزان علوفه مرتعی:** با استفاده از پلات یک در یک متری به روش قطع و توزین، گونه‌های مختلف در ارتفاع یک سانتی‌متری سطح زمین قطع و پس از خشک نمودن و توزین آن‌ها برحسب درصد ثبت شد.

نتایج و بحث

وضعیت الگوی جریان و تغییرات آن در حوضه دشت موسیان

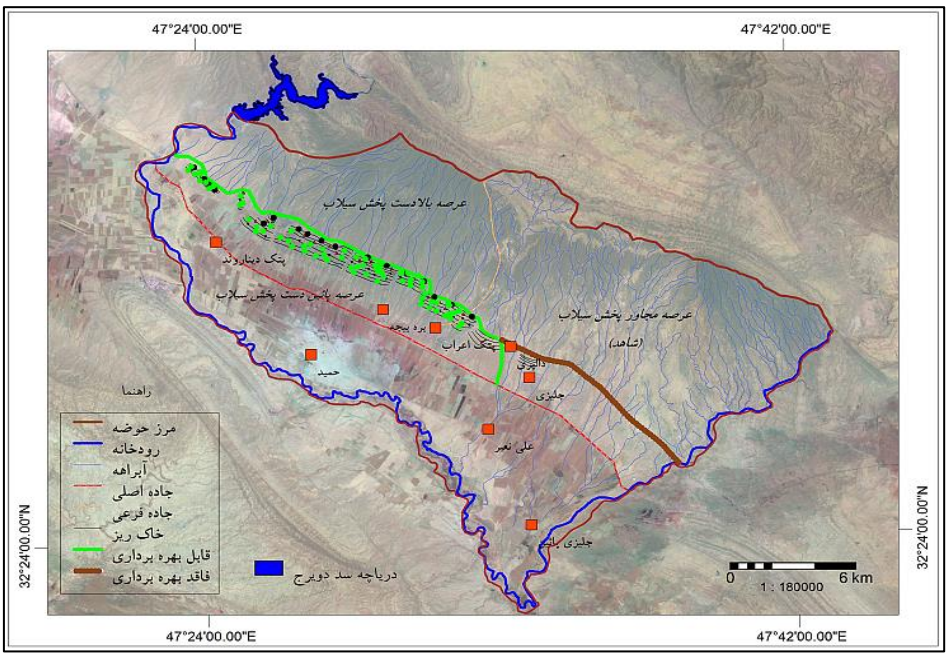
بر اساس بررسی تصویر ماهواره‌ای سال ۱۳۷۶ دشت موسیان، در محدوده مورد پژوهش (بین دو رودخانه دویرج و چیخواب) جریان‌های سطحی از بالادست مستقیماً به جاده اصلی، مزارع و روستاهای پائین‌دست وارد می‌شود. در مسیر آن‌ها هیچ‌گونه عامل جلوگیری از ورود سیلاب و رسوبات به مناطق پائین‌دست وجود ندارد. آبراهه‌ها و مسیل‌های منطقه از نوع کانال‌های فعال با حرکت‌های جانبی به شمار می‌آیند. به عبارتی این جریان‌ها به دلیل استقرار در یک دشت با شیب کم و داشتن بستری عریض، تابع الگوی شریانی است. از جمله مهم‌ترین شواهد ژئومورفولوژیکی این الگوی که در تصاویر ماهواره‌ای حوضه مورد مطالعه کاملاً مشهود است شامل آبرفتی بودن محل جریان‌های سطحی، بسترهای عریض جریان و چند شاخه شدن آبراهه‌ها در نتیجه انشعابات گسترده شاخه‌های فرعی آن، مسیرهای مجرایی تقسیم‌شده و دائماً تغییر مکان می‌دهند (شکل ۲).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ دشت موسیان قبل از عملیات پخش سیلاب (سال ۱۳۷۶)

در حالی که تصویر ماهواره‌ای سال ۱۳۹۲ و بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد که در محدوده شبکهٔ پخش سیلاب در طی سال‌های ۱۳۷۶ الی ۱۳۷۸ اجرا شده است، الگوی جریان از یک وضعیت بی‌نظم و شریانی به شکل یک سیستم کنترل شده در عرصه پخش تغییر کرده است. در واقع روان آبی که از ارتفاعات حوضه به سمت دشت جریان دارند در قسمت پخش سیلاب توسط عملیات سازه‌ای و بیولوژیکی کنترل و به‌طور منظم در عرصه پخش می‌گردد. این در حالی که در منطقه شاهد (منطقه مجاور پخش سیلاب که در آن فعالیت سازه‌ای و بیولوژیکی انجام نگرفته) جریان‌ها از مناطق بالادست مستقیماً به جاده اصلی، مزارع و روستاهای پائین‌دست جاری می‌شود (شکل ۳).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: تصویر ماهواره لندست ۸ دشت موسیان بعد از اجرای پخش سیلاب (سال ۱۳۹۲)

همچنین نتایج محاسبات کمی شاخص‌های مورفولوژیکی (نسبت انشعاب، نسبت طول و شاخص تراکم زهکشی) نشان‌دهنده تغییرات الگوی جریان در این دشت طی سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۹۲ می‌باشد. مقادیر این شاخص‌ها در عرصه پخش سیلاب در سال ۱۳۷۶ و سال‌های قبل از اجرای آن به ترتیب ۳/۱۱، ۲ و ۱/۵ برآورد شد. نتایج بعد از اجرای پخش سیلاب نشان می‌دهد که نسبت انشعاب به میزان ۱۱/۴۵ افزایش یافته است. همچنین، تراکم زهکشی و نسبت طول نیز نسبت به سال قبل از اجرای پخش سیلاب به ترتیب ۰/۹۴ و ۱/۴۲ کمتر شده است (جعفری، ۱۳۹۵).

عوامل مؤثر در تغییر الگوی جریان در دشت موسیان

نتایج بررسی تغییرات الگوی جریان قبل از اجرای پخش سیلاب (سال ۱۳۷۶) و بعد از اجرا و تکمیل پروژه (سال ۱۳۸۰) و گذشت ۱۲ سال از اجرای آن نشان داد با توجه به اینکه منطقه مورد پژوهش (حد فاصل رودخانه‌های دویرج و چیخواب

در بالادست جاده اصلی دهلران به استان خوزستان) جز عرصه‌های منابع ملی می‌باشد و هرگونه دخل و تصرف و تغییر کاربری منطقه ممنوع بوده است، لذا از مجموعه فعالیت‌های انسانی مؤثر در تغییر الگوی جریان مانند برداشت شن و ماسه، ریختن زباله و تنگ کردن مسیر آبراهه‌ها، تغییر کاربری اراضی مجاور رودخانه (روستایی، شهرام و ایرج جباری، ۱۳۹۰)، در منطقه وجود نداشته است. به عبارتی از سال ۱۳۷۵ به بعد تنها دو پروژه پخش سیلاب در سال ۱۳۷۶ و سد مخزنی دویرج در سال ۱۳۸۴ در منطقه دشت موسیان اجرا شده است. چنان‌که بر اساس تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۳۷۶ (شکل ۲) مشخص است تا قبل از این سال در محدوده مورد نظر هیچ‌گونه فعالیت انسانی و حتی کشاورزی وجود نداشته است. همچنین طبق شکل ۳ مشخص است سد دویرج نیز در خارج از محدوده مورد پژوهش قرار دارد. بنابراین طی این سال‌ها تنها فعالیت انسانی تغییر دهنده شرایط طبیعی و دینامیک منطقه و به‌ویژه الگوی جریان دشت موسیان اجرای طرح پخش سیلاب است. به عبارتی عملیات سازه‌ای و بیولوژیکی پروژه پخش سیلاب (فعالیت انسانی) عامل اصلی تغییرات ایجاد شده در الگوی جریان حوضه آبخیز دشت موسیان می‌باشد.

برای مشخص کردن نقش عوامل طبیعی و تعیین میزان تأثیر آن‌ها در تغییر الگوی جریان حوضه دشت موسیان نیز بر اساس ارزیابی رابطه بین عوامل پیش‌بینی شده و تغییر الگوی جریان از طریق تهیه و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی عوامل مورد نظر شامل طبقات ارتفاعی، شیب، جهت جریان و سازندهای زمین‌شناسی با لایه شبکهٔ هیدروگرافی حوضه طی سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۹۲ اقدام شد. همچنین برای ضریب تعیین (R^2) هر یک از عوامل طبیعی مؤثر در تغییر الگوی جریان از نظر آماری از رگرسیون خطی استفاده شد. نتایج به شرح ذیل می‌باشد:

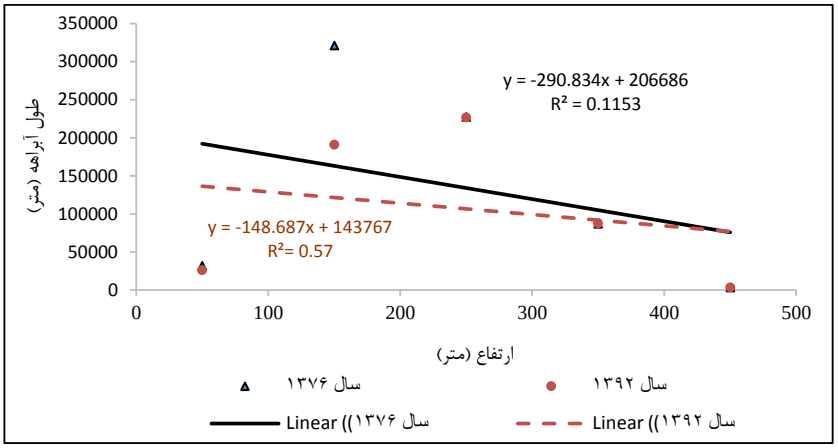
- رابطه بین طبقات ارتفاعی و طول جریان

توزیع طول آبراهه‌ها به تفکیک طبقات ارتفاعی نشان می‌دهد که در سال ۱۳۷۶ بیشترین طول آبراهه‌ها مربوط به طبقه ارتفاعی ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر (۳۲۰۸۹۸ متر) بود. در حالی که در سال ۱۳۹۲ در همین طبقه طول آبراهه‌ها به ۱۹۰۶۹۰ متر کاهش‌یافته است. در واقع ضریب تعیین ($R^2 = 0.115$) طبقات ارتفاعی و طول آبراهه نشان می‌دهد که رابطه بین طبقات ارتفاعی و طول آبراهه معکوس بوده و با افزایش ارتفاع طول آبراهه کاهش‌یافته است، در واقع کاهش طول آبراهه‌ها در این منطقه به دلیل دخالت در مسیر آبراهه‌ها و قطع آن‌ها به‌وسیله خاک‌ریزهای احداثی عمود بر آن‌ها بوده است (جدول ۱) و (شکل ۴).

جدول ۱: نتایج آماری رابطه طبقات ارتفاعی و طول آبراهه‌ها در عرصه پخش سیلاب موسیان

ارتفاع	R	R^2	Sig	Equation
سال ۱۳۷۶	۰/۳۴	۰/۱۱۵	۰/۵۷۶	y = -۲۹۰/۸۳۴x +۲۰۶۶۸۶
سال ۱۳۹۲	۰/۲۳۸	۰/۵۷	۰/۷	y = -۱۴۸/۶۸۷x +۱۴۳۷۶۷

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: نمودار رابطه بین طبقات ارتفاعی و طول آبراهه‌ها (۱۳۹۲-۱۳۷۶)

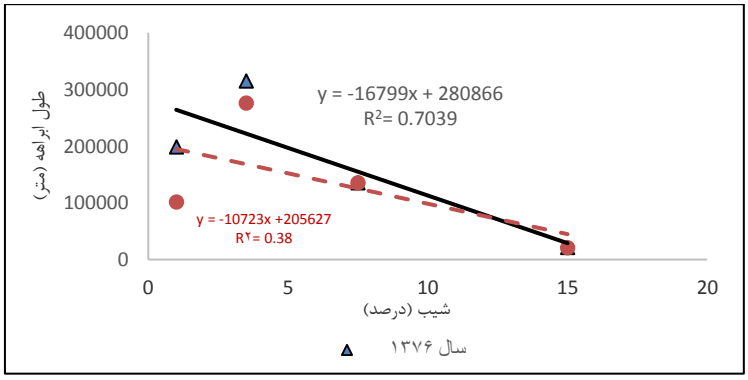
رابطه بین کلاس‌های شیب و طول جریان

توزیع طول آبراهه‌ها به تفکیک کلاس‌های شیب نشان داد که در سال ۱۳۷۶ بیشترین طول آبراهه‌ها مربوط به کلاس شیب ۲ تا ۵ درصد (طول آبراهه ۳۱۴۷۱۶ متر) بوده است. در سال ۱۳۹۲ طول آبراهه‌ها در همین کلاس شیب به ۲۷۵۵۸۴ متر کاهش‌یافته است. ضریب تعیین (R^2=0.7059) کلاس‌های شیب و طول آبراهه به‌دست آمد. همان‌طور که مشخص است این رابطه معکوس بوده و نشان می‌دهد که با افزایش شیب طول آبراهه کاهش‌یافته است. به‌عبارت دیگر با افزایش شیب چون به سمت آبراهه‌های با رتبه پائین میل می‌کند بنابراین طول آبراهه‌ها با رتبه کمتر نیز کاهش می‌یابد (جدول ۲) و (شکل ۵).

جدول ۲: نتایج آماری رابطه کلاس شیب و طول آبراهه‌ها در عرصه پخش سیلاب موسیان

شیب	R	R^2	Sig	Equation
سال ۱۳۷۶	۰/۸۴	۰/۷۰۴	۰/۱۶۱	y = -۱۶۷۹۹x +۲۸۰۸۶۶
سال ۱۳۹۲	۰/۶۱۷	۰/۳۸۱	۰/۳۸۳	y = -۱۰۷۲۳x +۲۰۵۶۲۷

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: نمودار رابطه بین کلاس‌های شیب و طول آبراهه‌ها (۱۳۹۲-۱۳۷۶)

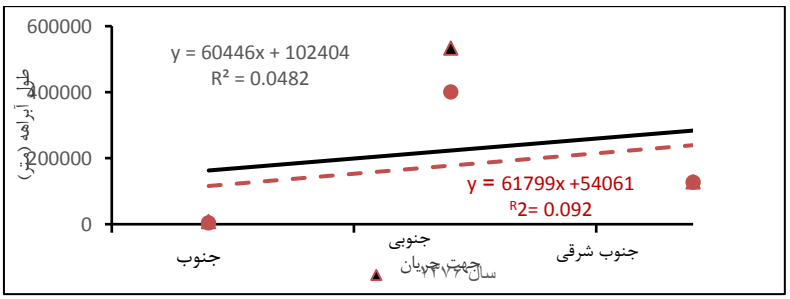
- رابطه بین جهت جریان و طول جریان

توزیع طول آبراهه‌ها به تفکیک جهت جریان نشان داد که در سال ۱۳۷۶ بیشترین طول آبراهه‌ها مربوط به جریان‌های جنوبی (طول آبراهه ۵۳۳۵۶۹ متر) بود. در سال ۱۳۹۲ طول آبراهه‌ها در همین جهت به ۴۰۰۸۴۰ متر کاهش‌یافته است. ضریب تعیین (R^2=0.0482) جهت جریان و طول آبراهه به‌دست آمد شکل (۴-۱۳). همان‌طور که مشخص است این رابطه بین جهات جریان و طول آبراهه‌ها معکوس بوده و ضریب تعیین آن خیلی ضعیف می‌باشد. به عبارتی از بین عوامل طبیعی مورد بررسی، جهت جریان کمترین تأثیر در تغییر الگوی جریان در حوضه دشت موسیان را داشته است (جدول ۳) و (شکل ۶).

جدول ۳: نتایج آماری رابطه جهت جریان و طول آبراهه‌ها در عرصه پخش سیلاب موسیان

جهت جریان	R	R^2	Sig	Equation
سال ۱۳۷۶	۰/۲۱۹	۰/۰۴۸	۰/۸۶	y = ۶۰۴۴۶x +۱۰۲۴۰۴
سال ۱۳۹۲	۰/۳۰۵	۰/۰۹۳	۸۰۳	y = ۶۱۷۹۹x +۵۴۰۶۱

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: نمودار رابطه بین جهت جریان و طول آبراهه‌ها (سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۶)

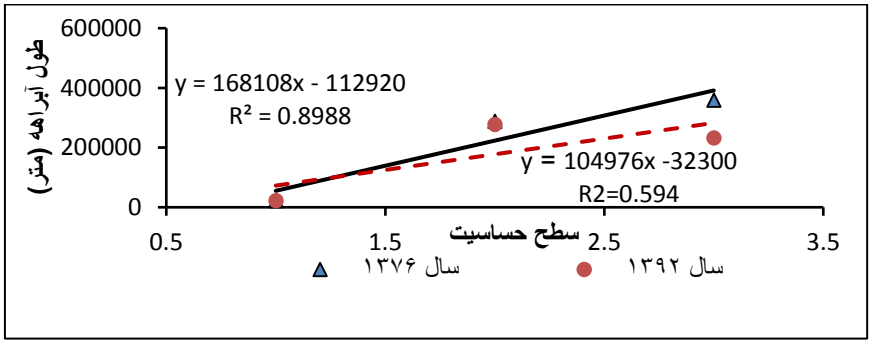
- رابطه بین سازندهای زمین‌شناسی و طول جریان

توزیع طول آبراهه‌ها به تفکیک سازندهای زمین‌شناسی نشان داد که در سال ۱۳۷۶ بیشترین طول آبراهه مربوط به تشکیلات آبرفتی (طول آبراهه ۳۵۸۸۳۹ متر) بود. در سال ۱۳۹۲ طول آبراهه‌ها در همین سازند به ۲۳۲۵۷۶ متر کاهش‌یافته است. ضریب تعیین (R^2=0.9) سازندهای زمین‌شناسی و طول آبراهه‌ها به‌دست آمد. همان‌طور که مشخص است این رابطه مستقیم بوده و نشان می‌دهد که با افزایش حساسیت سازندهای زمین‌شناسی و کاهش مقاومت آن‌ها تغییرات الگوی جریان نیز بیشتر شده است (جدول ۴) و (شکل ۷).

جدول ۴: نتایج آماری رابطه سازندهای زمین‌شناسی و طول آبراهه‌ها در عرصه پخش سیلاب موسیان

شیب	R	R^2	Sig	Equation
سال ۱۳۷۶	۰/۸۴	۰/۷۰۴	۰/۱۶۱	y = -۱۶۷۹۹x +۲۸۰۸۶۶
سال ۱۳۹۲	۰/۶۱۷	۰/۳۸۱	۰/۳۸۳	y = -۱۰۷۲۳x +۲۰۵۶۲۷

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

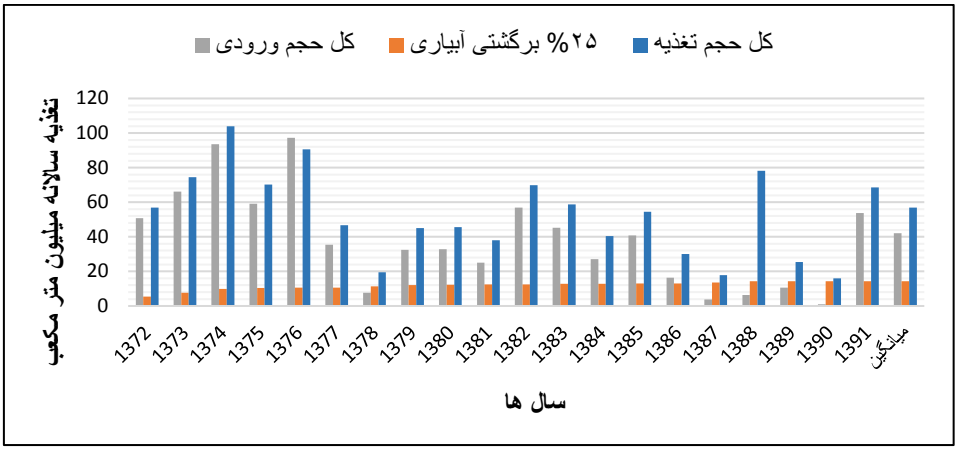
شکل ۷: نمودار رابطه بین سازندهای زمین‌شناسی و طول آبراهه‌ها (سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۶)

تأثیر تغییر الگوی جریان در دینامیک منطقه

ارزیابی نتایج به‌دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای، عملیات میدانی و گزارش‌های تهیه شده نشان می‌دهد که تغییر الگوی جریان اثرات بسیار مهمی در دینامیک و کاربری اراضی منطقه موسیان به‌شرح ذیل داشته است:

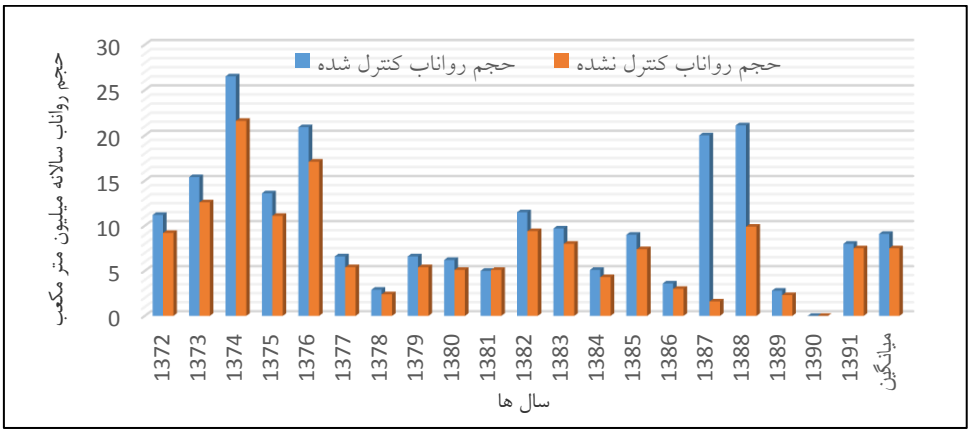
- سیلاب و تغذیه آبخوان

بررسی بیلان جریان سطحی دشت موسیان طی سال‌های ۱۳۷۲ الی ۱۳۹۱ نشان می‌دهد متوسط حجم بارش در محدوده مورد مطالعه ۱۰۲/۷ میلیون مترمکعب بوده است. متوسط تغذیه سالانه آبخوان در این سال‌ها ۵۷ میلیون مترمکعب بوده که ۴۲/۱ میلیون مترمکعب آن از طریق تغذیه طبیعی و مصنوعی و ۱۴/۳ میلیون مترمکعب آن آب برگشتی آبیاری می‌باشد (شکل ۸). در واقع حجم روان‌آب حاصل از ارتفاعات مشرف بر دشت به‌طور متوسط ۱۶/۶ میلیون مترمکعب است. ۹/۱ میلیون مترمکعب و یا ۵۵ درصد آن توسط عملیات پخش سیلاب کنترل و در عرصه پخش می‌گردد و ۷/۵ میلیون مترمکعب آن معادل ۴۵ درصد کنترل نشده و بدون بهره‌برداری از دسترس خارج می‌شود (شکل ۹).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۸: نمودار متوسط سالانه تغذیه آبخوان دشت موسیان طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۷۲



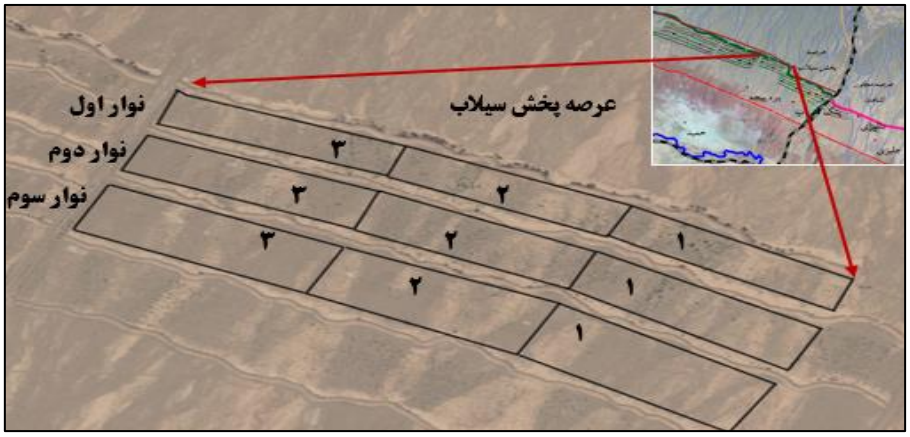
مأخذ: نگارندگان

شکل ۹: نمودار متوسط حجم روان‌آب ورودی به عرصه پخش سیلاب طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۷۲

ب. نفوذپذیری

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک در عرصه‌های پخش سیلاب و شاهد در حوضه دشت موسیان نشان می‌دهد که میانگین نفوذپذیری در شبکه‌های ۱، ۲ و ۳ در نوار اول به ترتیب ۱۴/۱۰، ۱۳/۱۳ و ۱۳/۲۸ و میانگین نفوذپذیری کل نوار اول ۱۳/۵۰ سانتی‌متر در ساعت بوده است. میانگین نفوذپذیری در شبکه‌های ۱، ۲ و ۳ در نوار دوم به ترتیب ۱۳/۵۶، ۱۳/۲۳ و ۱۲/۵۹ و میانگین نفوذپذیری کل نوار دوم ۱۳/۱۳ سانتی‌متر در ساعت است. همچنین نفوذپذیری در شبکه‌های ۱، ۲ و ۳ در نوار سوم به ترتیب ۱۳/۴۳، ۱۴/۳۰ و ۱۴/۵۰ و میانگین نفوذپذیری کل نوار سوم ۱۴/۰۸ سانتی‌متر در ساعت و در کل سه نوار ۱۳/۵۷ سانتی‌متر در ساعت می‌باشد. در عرصه شاهد نیز میزان نفوذپذیری اندازه‌گیری شده با سه تکرار به ترتیب ۱۹/۶۰، ۱۴/۲۷ و ۱۹/۹۷ و میانگین نفوذپذیری ۱۷/۹۵ سانتی‌متر در ساعت بوده است که نشان‌دهنده روند کاهشی نفوذپذیری خاک در عرصه پخش سیلاب است (سلیمانی و همکاران،۱۳۹۰). شکل ۱۰

شبکۀهای اندازه‌گیری نفوذپذیری در خارک ریزهای اول، دوم و سوم و شکل ۱۱ مقایسه نفوذپذیری در عرصه پخش سیلاب و شاهد را نشان می‌دهد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۰: شبکۀ نوارهای سه‌گانه اندازه‌گیری نفوذپذیری در عرصه پخش سیلاب‌دشت موسیان

مأخذ: نگارندگان

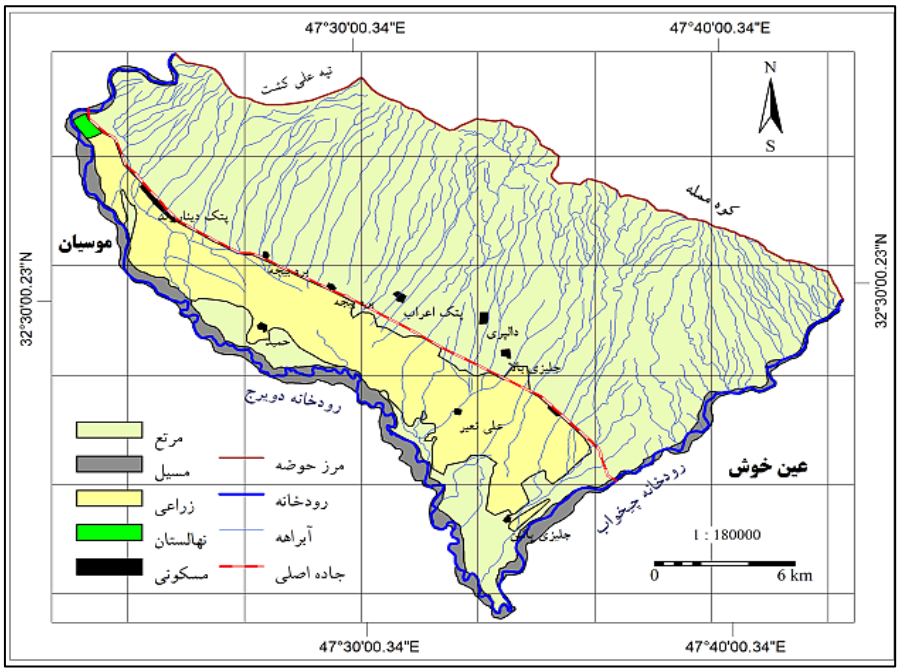
شکل ۱۱: نمودار مقایسه میانگین نفوذپذیری در نوارهای اول، دوم، سوم عرصه پخش و شاهد

ج. تغییرات بافت خاک و رسوب

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که تغییرات ایجاد شده در بافت لایه‌های سطحی (تا عمق ۲۵ سانتی‌متری) به‌طور عمده مربوط به محل‌های متأثر از رسوب بوده است. به‌طوری که از کلاس بافت شنی لومی در شاهد و عرصه به لوم در محل‌های متأثر از رسوب رسیده است. کاهش ۴ درصدی شن و افزایش همین مقدار سیلت در عرصه و کاهش ۴۲/۹ درصدی شن و افزایش ۳۲/۳ درصدی سیلت و ۱۰/۶ درصدی رس در لایه سطحی محل‌های متأثر از رسوب از نتایج عمده بوده است. در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری تفاوت کلاس بافت در هیچ حالتی مشاهده نشد، اما کاهش تا ۲/۸ درصد شن و افزایش همین حدود سیلت و رس در عرصه و کاهش تا ۴/۶ درصد شن و افزایش تا ۲/۹ درصد رس و ۱ درصد سیلت از نتایج به‌دست آمده بود (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۰).

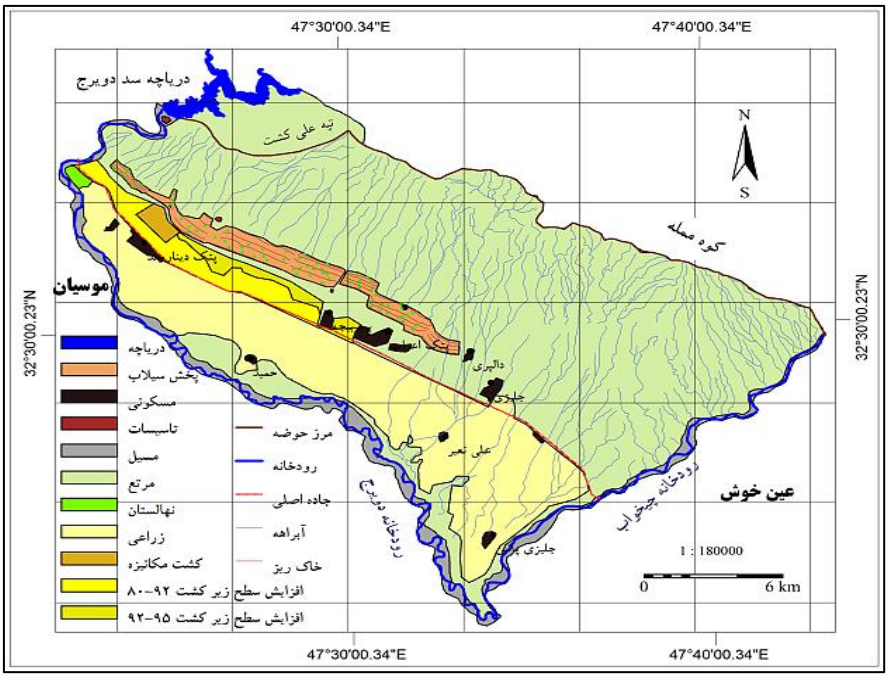
- تغییرات کاربری اراضی قبل و بعد از پخش سیلاب

به‌طور کلی منطقه مورد پژوهش قبل از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۷۶) دارای دو کاربری مرتع با مساحت ۲۹۳۳۲ هکتار حدود ۷۳ درصد (بالادست جاده دهلران به اندیمشک) و اراضی زراعی با مساحت ۷۷۷۲ هکتار حدود ۱۹ درصد، فقط در پائین‌دست جاده مذکور بوده است. باقیمانده سطح منطقه حدود ۲۹۵۰ هکتار یعنی ۸ درصد دیگر مربوط به روستاها و سایر کاربری‌های جزئی منطقه بوده است (شکل ۱۲). در حالی که بعد از اجرای پخش سیلاب (سال ۱۳۹۲) سطح اراضی با کاربری مرتع به مساحت ۲۶۷۳۵ هکتار کاهش‌یافته است، اما سطح اراضی زراعی رو به افزایش بوده است. به عبارتی در طی اجرای طرح تا سال ۱۳۸۰ حدود ۷۸۳ هکتار به اراضی زراعی منطقه افزوده شده است. طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲ و ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ به ترتیب ۱۲۳۳ و ۳۹۴ هکتار دیگر نیز افزایش سطح اراضی منطقه بوده است (شکل ۱۳).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۲: نقشه کاربری اراضی دشت موسیان قبل از اجرای پخش سیلاب (سال ۱۳۷۶)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۳: نقشه کاربری اراضی دشت موسیان بعد از عملیات پخش سیلاب (سال ۱۳۹۲)

در ادامه بررسی سایر تأثیرات پخش سیلاب در تغییر دینامیک و کاربری اراضی منطقه، نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی حاکی از آن است که پروژه پخش سیلاب در رویش و بهبود کیفیت مراتع و ماندگاری پوشش درختی طبیعی و دست کاشت نقش به سزایی دارد. چنانکه از ۴۹۱۰۰۰ اصله نهال دست کاشت ۳۳۴۱۸۱ نهال رشد و نمو داشته‌اند. در خصوص مراتع اگر چه وسعت اراضی مرتعی بعد از پخش سیلاب کاهش داشته است اما میزان تولید علوفه مرتعی از ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۵۹ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است. همچنین افزایش چاه‌های بهره‌برداری از ۸۶ حلقه به ۱۴۸ حلقه چاه برخی نتایج اثرات تغییر الگوی جریان در کاربری منطقه است (جعفری، ۱۳۹۵).

بنابراین تغییرات الگوی جریان در این دشت متأثر از هر دو عامل انسانی و طبیعی می‌باشد. به عبارتی تغییر الگوی جریان می‌تواند بر اثر عوامل انسانی (در منطقه مورد پژوهش بر اثر عملیات پخش سیلاب) و همچنین عوامل مختلف طبیعی مانند توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارش، بافت رسوبات، توپوگرافی، اشکال مختلف زمین‌ریخت‌شناسی، تشکیلات زمین‌شناسی، سرعت جریان، پوشش گیاهی و غیره باشد. این نتیجه با نتایج محققانی مانند کاسیمی (۲۰۰۸)؛ چانگ و تانگ (۲۰۱۲)؛ ریلی و همکاران (۲۰۱۲) و کرودک و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. لذا با تغییراتی که در الگوی جریان در دشت موسیان بعد از عملیات پخش سیلاب به وجود آمد، مشخص شد پخش سیلاب به‌عنوان یک عامل انسانی در تغییر الگوی جریان از یک وضعیت بی‌نظم و با مسیرهای ناپایدار به شکل یک سیستم منظم و کنترل‌شده بسیار حائز اهمیت است. لذا با کنترل و سامان‌دهی جریان‌های سطحی، اراضی منطقه از یک وضعیت غیرقابل بهره‌برداری به‌صورت کاربری‌های مختلف و اشتغال‌زا تغییر یافته است. این نتایج با یافته‌های دیگر پژوهشگران مانند

وندربرگ و همکاران (۲۰۱۲) در حوزه آبخیز رودخانه جیول در جنوب هلند؛ زیلیانی و سورین (۲۰۱۲) در حوضه رودخانه تاگلیامنتو در شمال شرق ایتالیا و همچنین رویالی (۲۰۱۳) مطابقت دارد. بنابراین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پخش سیلاب موجب کنترل و مهار سیلاب، افزایش سطح اراضی زیر کشت، افزایش علوفه تولیدی، افزایش میزان آبدهی چاه‌های کشاورزی، احیاء مراتع، کنترل و افزایش منابع آبی می‌شود. یافته‌های به‌دست آمده از اجرای این پژوهش با یافته‌های دیگر پژوهشگران ساترلند (۱۹۹۲)؛ سینگ (۱۹۹۵) در راجستان هندوستان، بنی اسدی (۱۳۷۶) در منطقه آب باریک بم کرمان؛ بختیار (۱۳۷۶) در گربایگان فسا؛ خوبفکر (۱۳۷۸) در استان سیستان و بلوچستان و کرمی (۱۳۸۲) در کوه دشت لرستان نتایج مشابهی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که تغییرات الگوی جریان در دشت موسیان متأثر از هر دو عامل انسانی و طبیعی می‌باشد. قبل از عملیات پخش سیلاب تغییر الگوی جریان می‌تواند بر اثر عوامل مختلف طبیعی مانند توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارش، بافت رسوبات، توپوگرافی، اشکال مختلف زمین‌ریخت‌شناسی، تشکیلات زمین‌شناسی، سرعت جریان، پوشش گیاهی و غیره باشد. همچنین بعد از عملیات پخش سیلاب مشخص شد این پروژه در راستای یک عامل انسانی در تغییر الگوی جریان بسیار حائز اهمیت است. به عبارتی با اجرای طرح پخش سیلاب در سال ۱۳۷۶ تغییرات اساسی در الگوی جریان در طی سال‌های ۱۳۷۶ الی ۱۳۹۲ در دشت موسیان ایجاد شده است. در واقع روان آبی که از ارتفاعات حوضه به سمت دشت و اراضی پائین‌دست جریان دارند در قسمت پخش سیلاب توسط عملیات سازه‌ای و بیولوژیکی کنترل و به‌طور منظم در عرصه پخش می‌گردد. چنانکه نتایج محاسبات روابط بین کمیت‌های مورفولوژیکی حوضه بر اساس سه شاخص نسبت انشعاب، نسبت طول و تراکم زهکشی نشان داد که نسبت انشعاب، نسبت طول و شاخص تراکم زهکشی در منطقه شاهد به ترتیب ۳/۴۱، ۱/۳۱ و ۱/۸۱ برآورد شده است، در حالی که این شاخص‌ها در عرصه پخش سیلاب در سال ۱۳۷۶ به ترتیب ۳/۱۱ و در سال‌های قبل از اجرای پخش سیلاب به ترتیب ۳/۱۱، ۲ و ۱/۵ برآورد بوده است. این نتایج در مقایسه با نتایج بعد از اجرای پخش سیلاب نشان داد که نسبت انشعاب به میزان ۱۱/۴۵ افزایش یافته است که این تغییر به علت اجرای پخش سیلاب در منطقه می‌باشد. همچنین نسبت انشعاب در سال ۱۳۷۶ در عرصه پخش سیلاب کمتر از منطقه شاهد بوده است و این امر به دلیل سیل‌خیزی بیشتر آن نسبت به منطقه شاهد بوده است. همچنین تراکم زهکشی نیز نسبت به سال قبل از اجرای پخش سیلاب کمتر شده که نشان‌دهنده ثبات الگوی جریان و کاهش سیل‌خیزی منطقه می‌باشد.

از نتایج دیگر تغییر الگوی جریان از نظر مخاطرات محیطی می‌توان به کاهش و کنترل سیلاب، رسوب و جلوگیری از تخریب اراضی زراعی، ابنیه و منازل روستائیان، راه‌های موصلاتی و غیره اشاره کرد. همچنین نفوذ ۹/۱ میلیون مترمکعب سیلاب، کاهش نفوذپذیری عرصه پخش سیلاب نسبت به عرصه شاهد (به ترتیب ۱۳/۵۷ و ۱۷/۹۵ سانتی‌متر در ساعت)، افزایش تعداد ۶۲ حلقه چاه بهره‌برداری، تغییر بافت لایه‌های سطحی مربوط به محل‌های متأثر از رسوب، افزایش ۲۴۱۰

هکتار اراضی زراعی، افزایش ۲۵۴۱۸۱ درخت دست کاشت، افزایش میزان تولید علوفه مرتعی از ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۵۹ کیلوگرم در هکتار برخی از نتایج دیگر تغییر الگوی جریان متأثر از پروژه پخش سیلاب در تغییر دینامیک و کاربری اراضی منطقه موسیان می‌باشد.

منابع

۱- بنی اسدی، محسن. (۱۳۷۶): بررسی و مطالعه تأثیر آبخوان‌داری آب باریک بم بر وضعیت اقتصادی-اجتماعی ساکنین منطقه. به راهنمایی نعمت‌اله خالقی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- بختیار، اسدا.... (۱۳۷۶): گزارش نهایی طرح تحقیقاتی ارزیابی اقتصادی- اجتماعی طرح پخش سیلاب گربایگان فسا، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی.

۳- جعفربیگلو، منصور. سجاد باقری سیدشکری و طاهر صفرزاده. (۱۳۹۱): بررسی تغییرات بستر و ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی رودخانه‌های گیلان غرب، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره دوم. صص ۱۰۲-۸۷.

۴- جعفری، محمدرضا. (۱۳۹۵): تغییر الگوی جریان آب در دشت موسیان (استان ایلام) و تأثیرات آن در تغییر دینامیک محیط و مسائل پیش رو. رساله دکتری ژئومورفولوژی. استاد راهنما دکتر ایرج جباری، دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا.

۵- خوب‌فکر، حبیب‌اله. (۱۳۷۸): ارزیابی اقتصادی و اجتماعی فعالیت‌های آبخیزداری در استان سیستان و بلوچستان، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی.

۶- حبیبی، مهدی. (۱۳۸۸): برنامه راهبردی تحقیقات مدیریت و حفاظت آبراهه‌ها و مسیل‌ها، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

۷- روستایی، شهرام و ایرج جباری، ایرج. (۱۳۹۰): ژئومورفولوژی مناطق شهری، چاپ سوم، انتشارات سمت، تهران.

۸- سلیمانی، رضا، ایوب پیرانی و ایاد اعظمی. (۱۳۹۰): بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر اثر پخش سیلاب موسیان، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی.

۹- سلیمانی، رضا، ایوب پیرانی و ایاد اعظمی. (۱۳۹۰): بررسی تأثیر پخش سیلاب بر نفوذپذیری خاک در عرصه پخش سیلاب موسیان، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی.

۱۰- ظهیری، جواد و احمد جعفری. (۱۳۸۶): تغییرات مورفولوژیکی رودخانه جراحی (از محل ارتباط رودخانه اعلا تا شاهور شادگان)، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز. ص ۸۵.

۱۱- علیزاده، امین. (۱۳۷۴): اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۲- فریفته، جمشید. (۱۳۷۰): تحلیل‌های کمی در ژئومورفولوژی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۱۳- کرمی، حمیدرضا. (۱۳۸۳): بررسی اثرات فعالیت‌های انجام شده در حوضه آبخوان کوه دشت بر وضعیت اقتصادی اجتماعی ساکنین روستاهای منطقه، مجموعه مقالات سومین همایش آبخوان‌داری، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی. صص ۲۵۶-۲۵۰.

۱۴- مهدوی، محمد. (۱۳۷۸): هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۱۵- مقصودی، مهران. سیامک شرفی و یاسر مقامی. (۱۳۸۹): روند تغییرات الگوی مورفولوژیکی رودخانه خرم‌آباد با استفاده از GIS, RS و Auto Cad، برنامه‌ریزی و آمایش فضا. پائیز، دوره ۱۴، شماره سوم، صص ۲۷۵-۲۹۴.

۱۶- یمانی، مجتبی و سیروس. (۱۳۹۱): بررسی عوامل مؤثر در تغییر الگوی رودخانه جگین در جلگه ساحلی مکران، جغرافیا، شماره ۳۴.

17- Cheng, Dong and Chunling Tang. (2012): Evaluating Secondary Flows in The Evolution of Sine-Generated Meanders. Geomorphology 163–164. 37–44.
18- Royalli, Dan. (2013): The Hydrogeomorphic Impact Of Landuse In Small HeadWater, Earth Systems And Envirnmenttal Sciences,13. Pp. 28-47.
19- Davidson, S. (2013): Geomorphic Elements on Modern Distributive Fluvial Systems. Geomorphology 180–181. 82–95
20- Riley, James. Bruce L. Rhoads. (2013): Flow Structure and Channel Morphology At A Natural Confluent Meander Bend. Geomorphology 163–164 (2012) 84–98
21- Kusimi, j.m. (2008): Streamprocesses and Daynamics in The Morphology of The Densuriver Channel in Ghana, Department of Geography & Resource Development, University of Ghana, Commission VIII, WG VIII/12.
22- Lane, E. W. (1957): The Importance of Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering pros.ASCE, Vol. 81, No.746.
23- Ziliani. Luca, Nicola Surian. (2012): Evolutionary Trajectory of Channel Morphology and Controlling Factors in A Largegravel-Bed River. Geomorphology 173–174. 104–117
New York.
24- Satterlund, R. D. (1992): Wild Land Watershed Management. Second Edition. John Wiley and Sons, INC. New York.
25- Singh. P.K. Sonspal, Singh, Mahnot. SC, Modi, S (1995): Watershed Approach in Improving The Socui Economic Status of Tribal Area, A Case Study. Journal of Rural Development, Heydarabad. Pp. 107.116
26- Grodek.T, Yael Jacoby. Efrat Morin. Oded Katz. (2012): Effectiveness of Exceptional Rainstorms on A Small Mediterranean Basin. Geomorphology 159-160. 168.
27- Vander Berghe, J.J.W. De Moor G. Spanjaard A, C. (2012): Natural Change and Human Impact in A Present-Day Fluvial Catchment, The Geul River, Southern Netherlands. Geomorphology Pp. 159-160.