دوره‌ی۳۳، شماره‌ی ۳، شماره‌ی پیاپی ۱۲۸، پاییز ۱۳۹۹، صفحه‌های ۵۲-۳۶
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/wmej.2019.127488.1251

پژوهش‌های آبخیزداری

پیش‌بینی اثر حالت‌های ممکن مدیریت پوشش‌گیاهی بر حجم روان‌آب و آلاینده‌های رودخانه یی با مدل L-THIA در آبخیز حبله‌رود

ابراهیم کریمی‌سنگچینی
(نویسنده‌ی مسئول)* استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران
مجید اونق
استاد گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
امیر سعدالدین
دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
ابراهیم یوسفی‌مبرهن
استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، ایران

*رایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: areeo.ac.ir@E.karimi۶۴

تاریخ دریافت: ۳۰ مرداد ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: ۲۶ آذر ۱۳۹۸

چکیده
تغییر پوشش‌گیاهی یکی از عامل‌های مهم در تغییر کمی و کیفی جریان آب‌شناسی است. در این تحقیق با مدل ارزیابی اثر آب‌شناختی بلندمدت اثر حالت‌های ممکن مدیریت پوشش‌گیاهی بر حجم روان‌آب سالانه و آلاینده‌های آب آبخیز حبله‌رود پیش‌بینی کرده شد. مدل با نقشه‌های کاربری و نقشه‌ی گروه‌های آب‌شناسی خاک منطقه اجرا شد. نتیجه‌ی ارزیابی کارآیی مدل نشان‌دهنده‌ی کارآیی مناسب در تراز ۵ ٪ است. بی‌قطعیتی مدل با روش بوت‌استرپ بررسی شد. کم‌ترین و بیش‌ترین بی‌قطعیتی در فراسنج‌های نیترات، نیتریت و حجم روان‌آب به‌ترتیب با ضریب تغییر ۰/۱۵ و ۰/۲۶ بود. به‌جز وضع موجود، فعالیت‌های جنگل کاری، بذرپاشی، بذرکاری، کپه‌کاری، قرق مرتع، تاغ‌کاری، احداث باغ، درخت‌کاری و علوفه‌کاری نیز ارزیابی کرده شد. نتیجه‌ی تجزیه و تحلیل نشان داد که با اعمال‌کردن بذرپاشی مرتع، حجم روان‌آب سالانه از ۳۰۱/۰۷ میلیون مترمکعب برای کاربری فعلی حوزه به ۲۴۷/۹۲ میلیون مترمکعب کاهش یافته است. کل نیترات، نیتریت و فسفر خروجی به ترتیب از ۲۱۴/۲ و ۹۲/۴ تن در شرایط کاربری فعلی به ۱۵۴/۲ و ۸۰/۳ تن کاهش یافته است. نتیجه‌ی ارزیابی نشان‌دهنده‌ی کارآیی مناسب این مدل برای پیش‌بینی‌کردن اثر حالت‌های ممکن تغییرکاربری در این آبخیز است. اجرای فعالیت‌های مدیریتی پوشش‌گیاهی به کاهش حجم روان‌آب و کاهش آلاینده‌های آب در آبخیز حبله‌رود منجر خواهد شد.

واژگان کلیدی: آبخیز حبله‌رود، آلاینده‌های آب، حجم روان‌آب، حالت‌های ممکن مدیریت پوشش‌گیاهی، مدل L-THIA

مقدمه

آبخیز واحد فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی، بوم شناختی و سیاسی برای برنامه‌ریزی و مدیریت دانسته می‌شود. ازاین‌رو، مدیران و سیاست‌گزاران باید تمام جنبه‌های تشکیل‌دهنده‌ی سامانه‌ی آبخیز را در برنامه‌ریزی آن شرکت دهند (سارانگی و همکاران ۲۰۰۴). از آن‌جا که بین جنبه‌های محیط‌زیستی و اقتصادی-اجتماعی رابطه‌های متقابل و پیچیده‌یی است، برای هماهنگ‌سازی آن‌ها روی‌کرد مدیریت یکپارچه‌ی آبخیز ضرورت می‌یابد (کای و همکاران ۲۰۰۳). تغییر پوشش‌زمین و کاربری زمین در بین سایر عامل‌ها، کلیدی‌ترین اثر معنی‌دار را بر عمل‌کرد آب‌شناسی آبخیز از جمله روان‌آب و سیل دارد (تورنر و همکاران ۱۹۹۳ و لیو و همکاران ۲۰۱۷). تغییرکاربری‌زمین یکی از عامل‌های مهم در تغییر فرسایش آبخیز و انهدام تنوع‌زیستی و منابع‌طبیعی است. تاثیر آب‌شناسی کاربری‌زمین و مدیریت پوشش‌گیاهی در قالب تغییر در عمق روان‌آب، آب‌دهی کمینه، آب‌دهی بیشینه، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق آشکار می‌شود (سراکا و همکاران ۲۰۱۲). پی‌آمدهای این تغییر بر خاک در بیش‌تر حالت‌ها ممکن است ناخوشایند باشد. بنابراین ارزیابی‌کردن اثر تغییر کاربری زمین برای مدیریت‌کردن مناسب و جامع‌اریی‌کردن از تخریب و هدررفت خاک ضروری است (اسفندیاری و همکاران ۲۰۱۴).

مدل ارزیابی درازمدت اثر آب‌شناسی،[1] L-THIA، ابزاری مناسب برای کمک‌کردن به سنجش توان اثر تغییر پوشش‌گیاهی بر روان‌آب سطحی و آلودگی آب است (ونگ ۲۰۰۱، بهادری و همکاران ۲۰۰۰) و ابزاری دست‌رس و سریع برای ارزیابی‌کردن اثر بلندمدت تغییر پوشش گیاهی است. هسته‌ی اصلی این مدل روش شماره‌ی منحنی (CN) است که به‌گسترده‌گی برای تخمین-زدن تغییر رفتار آب‌دهی در آبخیز به‌کار رفته است (تانگ و همکاران ۲۰۰۵، سکارا و همکاران ۲۰۱۲ و یوا و همکاران ۲۰۱۲). این مدل روان‌آب، آب‌دهی و منابع آلوده‌کننده‌ی نانقطه‌یی کاربری‌های زمین در گذشته و در حالت پیشنهادشده را برآورد می کند. مدل ارزیابی درازمدت اثر آب‌شناسی روان‌آب سالانه‌ی درازمدت را برای شکل‌بندی‌های مختلف کاربری زمین برمبنای داده های واقعی درازمدت هواشناسی منطقه، و با توجه بیش‌تر به اثر میانگین‌ها نسبت به رگبارها و بیشینه‌ها برآورد می‌کند. با این مدل می‌توان تاثیر حالت‌های ممکن مختلف کاربری زمین را بر روان‌آب و آب‌دهی مشاهده کرد و به این ترتیب بیشینه‌ی توان تغییر در کاربری‌ها را تعیین کرد. داده‌های اصلی برای اجرای این مدل نقشه‌ی کاربری‌زمین، گروه‌های آب‌شناسی خاک، و داده های هواشناسی به‌خصوص بارش منطقه است (لیو و همکاران (ب) ۲۰۱۵).

ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که مدل L-THIA می‌تواند افزایش سطح آلودگی را به خوبی شبیه‌سازی کند و می‌توان آن را برای بهبود اطلاعات ضروری در آمایش‌سرزمین و حفاظت محیطی به‌کار برد. لیو و همکاران (الف ۲۰۱۵) اثر گام‌های مدیریتی را بر آب‌شناسی و کیفیت آب، با مدل بارش-رواناب L-THIA ارزیابی کردند و نتیجه‌گرفتند که این مدل می‌تواند در مدیریت اصلاحی و تصمیم‌گیری برای انتخاب گام‌های مدیریتی در مقیاس آبخیز مفید و کارآ باشد. نتیجه‌ی گلدوی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که مدل L-THIA را می‌توان برای مدل‌سازی و ارزیابی کردن اثر آب‌شناسی حاصل از تغییر کاربری‌زمین بر منابع‌آب سطحی به‌کار برد، و چگونگی تغییر عمق و حجم روان‌آب را در بازه‌ی زمانی شبیه‌سازی کرد. نتیجه‌ی مدل‌سازی روان‌آب با L-THIA برای تخمین زدن رواناب ناشی از تغییر کاربری در چالوس و نوشهر نشان داد که روان‌آب متوسط سالانه تنها در ۱۴ سال ۱۷/۳ میلی‌متر افزایش یافت، و دلیل آن تغییرکاربری از مرتع طبیعی به زمین کشاورزی دانسته شد (پسندیده‌فرد و همکاران ۲۰۱۴). نتیجه‌ی مدل L-THIA برای ارزیابی کردن اثر آب‌شناسی تغییرکاربری بر روان‌آب سالانه در آبخیز قره‌سو نشان داد که بر اثر تغییر کاربری‌زمین مقدار روان‌آب تولیدشده در ۲۵ سال به‌طور متوسط ۱/۸ میلی‌متر افزایش داشت (اسفندیاری و همکاران ۲۰۱۴). تغییر کاربری عمدتاً در جهت افزایش منطقه‌های مسکونی و کاهش سطح زمین‌های جنگلی و مرتعی بوده است. نتیجه‌ی سینگ (۲۰۱۹) نشان داد که مدل L-THIA می‌تواند به‌طور موفق برای شبیه‌سازی کردن کمیت و کیفیت آب در ارتباط با فرآیندهای تغییر اقلیم به‌کار گرفته شود. از دیگر تحقیقات کاربرد مدل L-THIA برای بررسی اثر آب‌شناسی تغییر پوشش‌گیاهی می‌توان به بهادری و همکاران (۲۰۰۰)، ونگ (۲۰۰۱)، تانگ و همکاران (۲۰۰۵)، یوا و همکاران (۲۰۱۲)، اهیابلامه و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱۳)، لیو و همکاران (ب، ۲۰۱۵)، اروین و همکاران (۲۰۱۸)، کیخسروی و همکاران (۲۰۱۸) و چن و همکاران (۲۰۱۹) اشاره کرد.

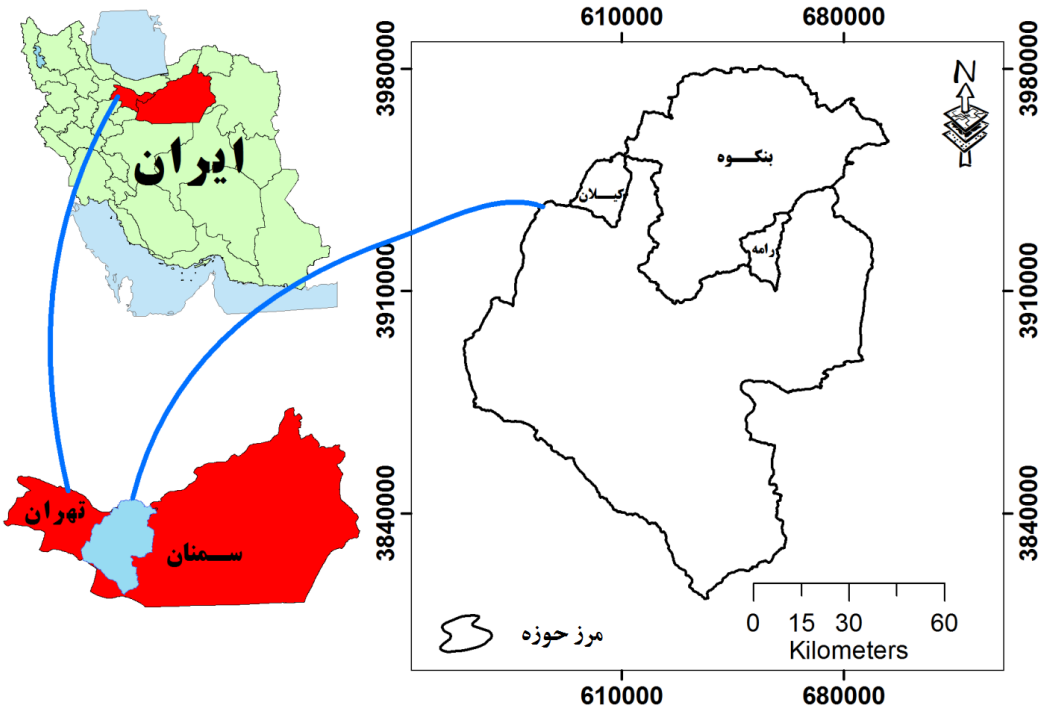
مدل L-THIA روی‌کردی جدید در بررسی نحوه‌ی اثر تغییر کاربری بر اندازه‌ی روان‌آب و آلاینده‌های آب در مقیاس آبخیز است. کاربرد این مدل در سراسر جهان رو به رشد است، در حالی‌که در کشور ما برای پیش‌بینی اثر حالت‌های ممکن مختلف تغییرکاربری کم‌تر به آن توجه شده است. در این تحقیق اثر حالت‌های مدیریتی پیشنهادشده‌ی تغییرکاربری بر حجم روان‌آب سالانه و آلاینده‌های آب حوزه‌ی حبله‌رود با مدل L-THIA ارزیابی شد.

1 - Long-Term Hydrologic Impact Assessment

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

آبخیز حبله‌رود با مختصات ´۱ ۳۵ تا ´۱۰ ۳۶° عرض شمالی و ´۳۹ ۵۱° تا ´۸ ۵۳° طول شرقی و مساحت ۱۱۶۰۰ کیلومترمربع در دو استان سمنان و تهران است. پستی‌وبلندی این محدوده بخش‌های کوهستانی و دشتی است. براساس بررسی داده‌های ۳۰ ساله‌ی هواشناسی ایستگاه‌های درون و اطراف حوزه، بارندگی متوسط سالانه‌ی این حوزه ۳۱۸ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه‌ی آن ۷/۸ درجه‌ی سانتی‌گراد است. بلندترین نقطه‌ی این محدوده ۴۰۵۳ متر و پست‌ترین آن ۷۳۹ متر از تراز دریا است. به‌طورکلی سازندهای منطقه از دوران سنوزوییک است که برش‌هایی از سازندهای دوره‌های چهارم و سوم در آن دیده می‌شود. عمده‌ترین کاربری‌های زمین مرتع و چراگاه فصلی، زمین کشاورزی دیم، باغ و زمین بایر است. حوزه‌ی حبله‌رود دشواری‌های طبیعی و انسان‌ساخت زیادی در مدیریت منابع حوزه (ازجمله پایین‌رفتن تراز آب‌های زیرزمینی، کاهش‌یافتن کیفیت آب و افزایش‌یافتن شوری آن، بروز کردن سیلاب، خشک‌سالی‌های پی‌درپی، تصرف زمین‌های ملی در بالادست رودخانه، چرای بیش‌ازحد دام‌ها، تبدیل شدن مرتع‌ها به دیم‌زارهای کم‌بازده، تخریب شدن جنگل، توسعه‌ی شهرنشینی و توسعه‌ی تولیدات‌صنعتی) است (کشتکار و همکاران ۲۰۱۳).

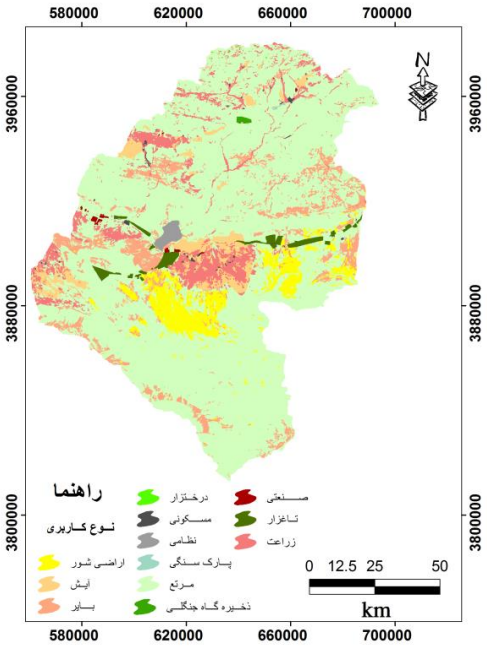


شکل ۱- موقعیت آبخیز و زیرحوزه‌های دارنده‌ی ایستگاه آب‌شناسی حبله‌رود در استان‌های تهران و سمنان.

روش تحقیق

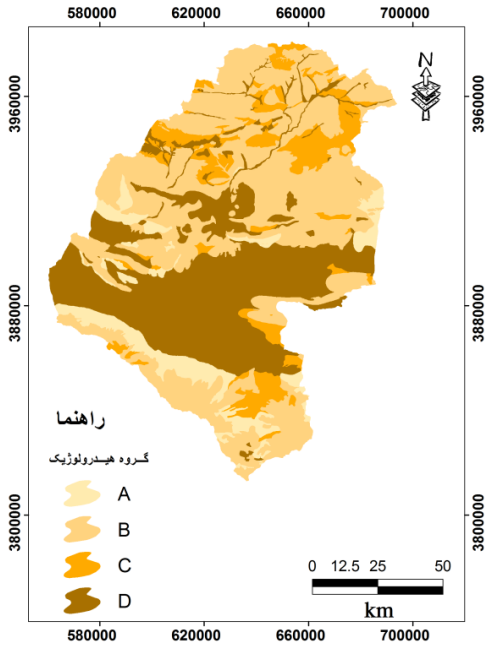
داده‌های مناسب از جمله اطلاعات کاربری‌زمین، خاک، و ۳۰ سال آمار روزانه‌ی بارش (ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی گرمسار، فیروزکوه، بنکوه، سیمین‌دشت، نمرود، کیلان و امیریه) جمع شد. مدل L-THIA، برای مدل‌سازی ۸ طبقه‌ی کاربری زمین دارد، شامل منطقه‌های آبی، تجاری، کشاورزی، منطقه‌های مسکونی متراکم، منطقه‌های مسکونی کم‌تراکم، مرتع یا علف زار، جنگل و منطقه‌های صنعتی (انگل و همکاران ۲۰۰۳، لی و همکاران ۲۰۰۷، گلدوی و همکاران ۲۰۱۶). بنابراین برای اجرای مدل، نقشه‌های کاربری زمین منطقه باید دوباره برمبنای چارچوب مدل طبقه‌بندی شود. اگر برخی از طبقه‌ها با طبقه‌های این مدل متفاوت است، باید آن‌ها را در طبقه‌یی گذاشت که بیش‌ترین شباهت خصوصیت‌های تولید روان‌آب را با آن طبقه دارد (انگل و همکاران ۲۰۰۳، گلدوی و همکاران ۲۰۱۶). برای ارزیابی کردن مدل، نقشه‌ی کاربری فعلی حوزه‌ی حبله‌رود، تهیه‌شده از طبقه‌بندی تصویر سنجنده‌ی TM ماهواره‌ی لندست (پسندیده‌فرد و همکاران ۲۰۱۴) به‌کار برده شد (شکل ۲). لایه‌ی دیگر داده‌های گروه‌های آب‌شناسی خاک است. در این مدل لایه‌ی گروه‌های آب‌شناسی خاک برمبنای احتمال توان تولید روان‌آب به چهار گروه آب‌شناسی A، B، C،D طبقه‌بندی می‌شود (پری و ناواز ۲۰۰۸). به‌منظور تهیه‌ی این لایه نقشه‌ی گروه‌های آب شناسی خاک (ماهینی ۲۰۱۳)

به‌کار برده شـــد (شکل ۳). برای اجرای این مدل علاوه‌بر استفاده از داده‌های بارش ۳۰ ساله، شرایط رطوبت پیشین منطقه گرفته می‌شود. شرایط رطوبت پیشـــین با داده‌های بارش طولانی‌مدت



شکل۲- نقشه‌ی کاربری فعلی آبخیز حبله‌رود.

محاســـبه شـــد. مدل L-THIA با نقشـــه های کاربری فعلی و خاک و داده‌های بارش روزانه‌ی ۳۰ ســـال داده‌ی موجود اجرا، و نقشه‌های حجم روان‌آب سالانه در GIS استخراج شد.



شکل ۳- نقشه‌ی گروه‌های آب‌شناسی خاک آبخیز حبله‌رود.

مدل قبل از اعمال حالت‌های ممکن پیشنهادشـــده، واســـنجی و صحت‌ســـنجی کرده شـــد. برای ارزیابی‌کـــردن کارآیی، ابتدا مدل برای ســـه زیرحوزه (رامه، بنکوه، کیلان) اجرا شـــد، سپس با داده‌های مشـــاهده‌یی (حجم جریـــان، TDS (اداره‌ی کل آب منطقه‌یی استان تهران، ۲۰۱۶)، فسفر، نیترات و نیتریت (اداره‌ی کل آب و فاضلاب استان ســـمنان ۲۰۱۶) با آزمون تی مقایسه کرده شـــد. پس از ارزیابی کردن کارآیی مـــدل و اجراکردن آن در شـــرایط کاربری فعلی حوزه‌ی حبله‌رود، بی‌قطعیتی اندازه‌ی حجم روان‌آب و آلاینده های آب با روش بوت‌اســـترپ بررســـی شد. رایج‌ترین روش بررسی و بمعیارترین روش برای کمی‌کردن و معرفی‌کـــردن بی‌قطعیتی روش مونته‌کارلو اســـت. اگر توزیع داده‌ها بهنجار نباشـــد و تعداد آن‌ها کم باشـــد، می‌توان از روش بوت‌استرپ به جای مونته‌کارلو اســـتفاده کرد (ارفن و همکاران ۱۹۸۶). با به‌کاربردن این روش ضمـــن ایجاد نمونه‌های فراوان، شـــرایط نمونه به شرایط جامعه نزدیک کرده می‌شود، و با درنظر گرفتن همه‌ی حالت‌های تشـــکیل‌داده شـــدن نمونه، می‌توان از صحت برآورد حدود اطمینان آگاه شـــد. بدین‌ترتیب، این روش بسیار شـــبیه به روش‌های مونته‌کارلو است، به‌طوری که به‌جای فرآیند تولید داده، اطلاعات نمونه‌گیری به کاربرده می‌شـــود و با نمونه‌گیـــری از جامعه، آن‌ها را انـــدازه‌ی حقیقی برآورد می‌کند (ارفن و همکاران ۱۹۸۶). بزرگ‌ترین مزیت روش بوت‌استرپ این اســـت که به فرضیات کم‌تری از روش‌های سنتی نیاز دارد. برای نمونه لازم نیست تعداد داده‌ها زیاد باشد یا توزیع داده‌ها بهنجار باشـــد، بدین ترتیب درک بهتری از آماره ممکن می‌شود (بای و همکاران ۲۰۱۴). بررسی بی‌قطعیتی نتیجه‌ی بوت‌استرپ هر یک از این شاخص‌ها با تابع توزیع احتمالاتی ضریب‌تغییر انجام شد. اثر حالت‌های ممکن مدیریتی پوشـــش‌گیاهی بر حجم روان‌آب سالانه و آلاینده‌های آب حوزه‌ی حبله‌رود نیز ارزیابی کرده شد.

پس از شـــناختن دشـــواری‌های متنوع در آبخیز و تعیین‌کردن اهمیت نسبی آن‌ها فهرســـتی از همه‌ی راه‌حل‌های ممکن برای برطرف‌کردن آن‌ها تهیه شـــد. منظـــور از فعالیت‌های مدیریتی مناســـب گام‌هایی اســـت که برای تغییردادن شـــرایط به سوی هدف در نظام موجود دخالت می‌کنـــد، به عبارت دیگر تغییری منحصربه‌فرد در راســـتای رســـیدن به هدف‌های مدیریتی است (ســـعدالدین ۲۰۰۵). قانون‌های اجرای هر فعالیت مدیریتی در آبخیـــز حبله‌رود نیز با توجه به شـــرایط طبیعـــی حاکم بر آن، شـــناخت و بازدید از منطقه، بررســـی منابع علمی و نظرخواهی از کارشناســـان واحد اجرا و بخش دانشـــگاهی تعیین کرده شد (جدول ۱).

نُه فعالیت مدیریتی مناســـب جنگل‌کاری، بذرکاری، بذرپاشـــی،

کپه‌کاری، قـرق مرتع، تـاغ‌کاری، بـاغ‌کاری، درخت‌کاری و علوفـه‌کاری انتخـاب و در قالـب حالت‌های ممکـن درنظر گرفتـه شـد. فعالیت‌های مدیریتی بـا توجه بـه قابلیت‌ها و محدودیت‌های اجرایی (فنی، زمان و هزینه‌ی استقرار) انتخاب شـد. برای تعیین‌کردن پراکنش مکانـی فعالیت‌های مدیریتی در آبخیـز لایه‌هـای مرز حوزه، ارتفاع، شـیب زمیـن، تراکم پوشش‌گیاهی، کاربری‌زمین، بارش، عمق خاک در GIS به‌کار برده شـد (ماهینی ۲۰۱۳). این نقشه‌ها با دستور Intersect روی‌هم‌گذاشـته شد. با دسـتور Select by attribute و با درنظرگرفتن قانون‌های سـاخت حالت‌های ممکن (جدول ۱) منطقه‌های مستعد اجرای هر یک از حالت‌های ممکن مدیریتی برای کل حوزه‌ی حبله‌رود مشـخص کرده شـد. برای ارزیابی کردن اثر آب‌شناسـی حالت‌های ممکن مختلف کاربری‌زمین بر حجم روان‌آب سـالانه و آلاینده‌های آب مدل L-THIA با نقشـه‌های حالت‌های ممکن پیشنهادشده، خاک و داده‌های بارش اجرا، و اندازه‌ی روان‌آب تولیدشـده به‌دسـت آمد. مکان حالت‌های ممکن پیشنهادشـده جوری تفکیک شـد که هیچ هم‌پوشانی نداشته باشـد. CN نقشه‌ی خروجی مدل براساس نقشـه‌های کاربری‌زمین، گروه آب‌شناسی خاک و مدل رقومی ارتفاع اسـت، و با پیشـنهاددادن یک حالت ممکن در حقیقت کاربری‌زمین در آن مکان، و پی‌رو آن -CN نیز تغییر می‌کند.

جدول ۱-قاعده‌های ایجاد گزینه‌های مدیریتی پیشنهادشده برای آبخیز حبله‌رود.

عنوان فعالیت	شرایط اجرا	تغییر CN
بذرکاری	مرتع با بارندگی بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، پوشش‌گیاهی فقیر و خیلی فقیر، با خاک بی‌سنگ و نیمه‌عمیق تا عمیق با بافت متوسط، شیب صفر تا ۲۵٪ (آذرنیوند و همکاران ۲۰۰۷).	۱۵
بذرپاشی	مرتع با بارندگی بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، با خاک متوسط و عمیق، پوشش‌گیاهی فقیر و خیلی‌فقیر، شیب ۲۵ تا ۴۵٪ (آذرنیوند و همکاران ۲۰۰۷).	۱۰
کپه‌کاری	مرتع با بارندگی بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، با خاک ضعیف و کم‌عمق، سنگلاخی، پوشش‌گیاهی فقیر و خیلی‌فقیر، شیب ۴۵ تا ۶۵٪ (آذرنیوند و همکاران ۲۰۰۷).	۱۳
قرق	مرتع با بارندگی بیش از ۲۰۰ میلی‌متر، با صخره‌ی سنگی و برون‌زدگی سنگی، وضعیت مرتع ضعیف تا متوسط، شیب بیش از ۶۵٪ (آذرنیوند و همکاران ۲۰۰۷).	۸
درخت‌کاری	کشت درختان بومی منطقه‌های با سابقه‌ی جنگلی و جنگلی کم‌تراکم با شیب صفر تا ۴۵٪، بارش بیش از ۴۰۰ میلیمتر، خاک عمیق- نیمه‌عمیق و ارتفاع تا ۲۶۰۰ متر (کیائی ضیابری و جعفری ۲۰۱۴ و کشتکار و همکاران ۲۰۱۳).	۱۸
علوفه‌کاری روی خط‌های تراز	منطقه‌های زراعی، شیب ۳۰ تا ۵۰٪، خاک عمیق ونیمه‌عمیق، بارش بیش از ۲۵۰ میلیمتر، ارتفاع بی‌محدودیت (کشتکار و همکاران ۲۰۱۳).	۱۸
تاغ‌کاری	منطقه‌های با سابقه‌ی تاغزار و بایر، خاک عمیق- نیمه‌عمیق، شیب صفر تا ۴۵٪، با بارش کم‌تر از ۱۵۰ میلی‌متر (راد و همکاران ۲۰۰۸).	۱۶
جنگل‌کاری	منطقه‌های زرعی، شیب ۱۲ تا ۲۰٪، بارش بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، خاک عمیق- نیمه‌عمیق (کیائی ضیابری و جعفری ۲۰۱۴).	۲۰
احداث باغ	منطقه‌های زرعی، شیب ۲۰ تا ۳۰٪، بارش بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، خاک عمیق- نیمه‌عمیق (کیائی ضیابری و جعفری ۲۰۱۴).	۱۸

نتایج

نتیجـه‌ی ارزیابی کارآیی مدل L-THIA در سـه زیرحوزه‌ی حبلـه‌رود با آزمـون تی برای انـدازه‌ی حجـم روان‌آب و کل جامدهای محلول در جدول ۲ و ۳ آورده شـده اسـت. نتیجه‌ی ارزیابی کارآیی اندازه‌ی نیترات، نیتریت و فسـفر در زیرحوزه‌ی بنکوه (سرچشـمه‌ی آب شرب شهرستان گرمسار) در جدول ۴ آورده شده است. تفاوت بین اندازه‌ی مشاهده‌شده و برآوردشده‌ی حجم روان‌آب، کل جامدهای محلول، نیترات، نیتریت و فسفر در هر یک از زیرحوزه‌ها در تراز ۰/۰۵ معنی‌دار نبود. براساس روش بوت‌اسـترپ، عددهای تصادفی برای هریک از این شـاخص‌ها استخراج شـد (شـکل ۴). در جدول ۶ اندازه‌ی فراسنجه‌های آماری توزیع ضریب‌تغییر برای هریک از شـاخص‌ها آورده شده است. در شکل ۵ منطقه‌های مستعد اجرای نُه فعالیت مدیریتی پیشنهادشـده در آبخیز حبله‌رود آورده شـده اسـت. نتیجه‌ی مدل‌سـازی روان‌آب با L-THIA برای کاربـری فعلی حوزه و نُه حالت ممکن مدیریت پوشـش‌گیاهی در شـکل ۶ به قالب نقشه‌های رسـتری (۵۰۰ × ۵۰۰) حجم روان‌آب (مترمکعب در هر سلول) آورده شده است.

جدول ۲- مقایسه‌ی حجم روان‌آب برآورده شده و مشاهده‌شده در زیرحوزه‌ها با مدل L-THIA.

زیر حوزه	Test Value	Sig. (2-tailed)
رامه	۳۳۳۶۹۸۹/۲۲	۰/۸۴۲
بنکوه	۲۱۲۸۶۲۶۱۳/۶	۰/۲۷۱
کیلان	۷۵۶۶۹۳۸/۴۵۹	۰/۹۶۱

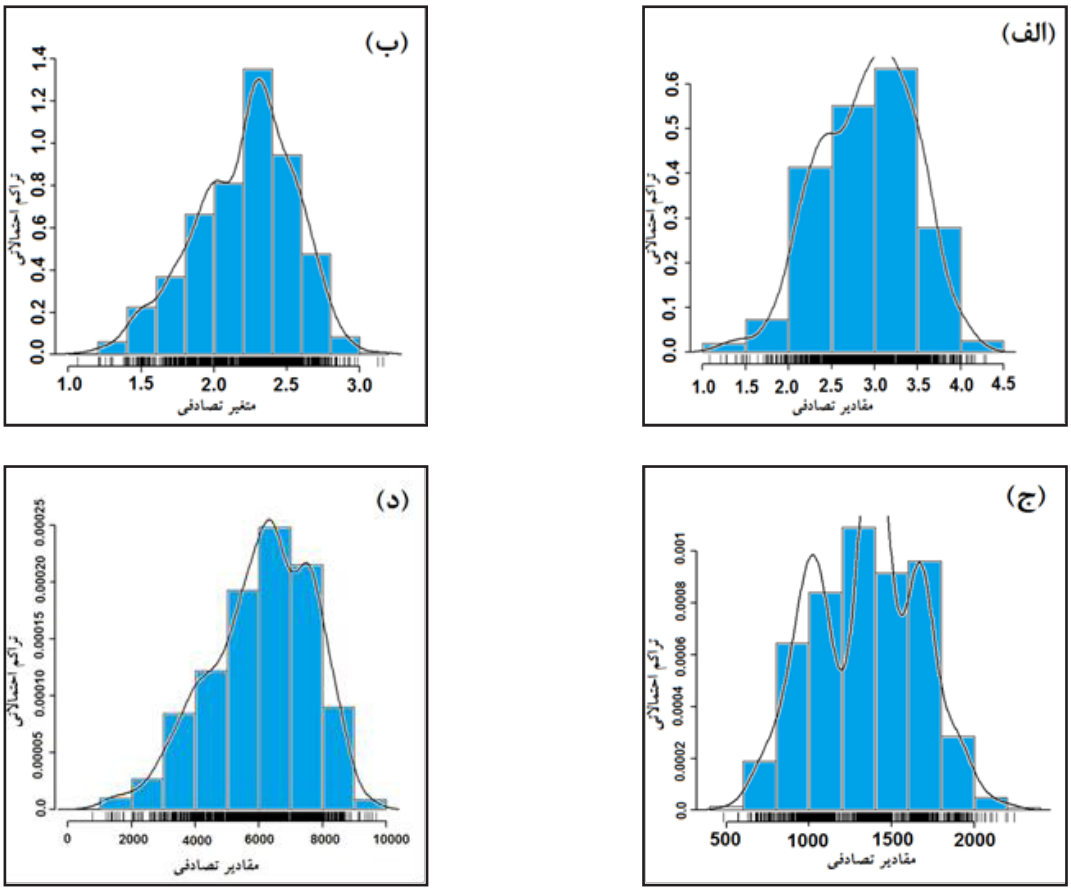
جدول ۳- مقایسه‌ی کل جامدهای محلول برآورده‌شده و مشاهده‌شده در زیرحوزه‌ها با مدل L-THIA.

زیر حوزه	Test Value	Sig. (2-tailed)
رامه	۲۴۸۱۶۵۶/۷۶	۰/۸۰۶
بنکوه	۳۳۱۳۸۶۶۳/۶۲	۰/۹۹۱
کیلان	۱۸۸۸۵۰۳۸/۱۶	۰/۷۳۱

جدول ۴- مقایسه‌ی فسفر، نیترات و نیتریت برآورده‌شده و مشاهده‌شده در زیرحوزه‌ی بنکوه با مدل L-THIA.

زیر حوزه	Test Value	Sig. (2-tailed)
نیترات و نیتریت	۵۴۷۶۴/۵۷	۰/۲۱۹
فسفر	۴۵۸۱/۵۵	۰/۵۶۵

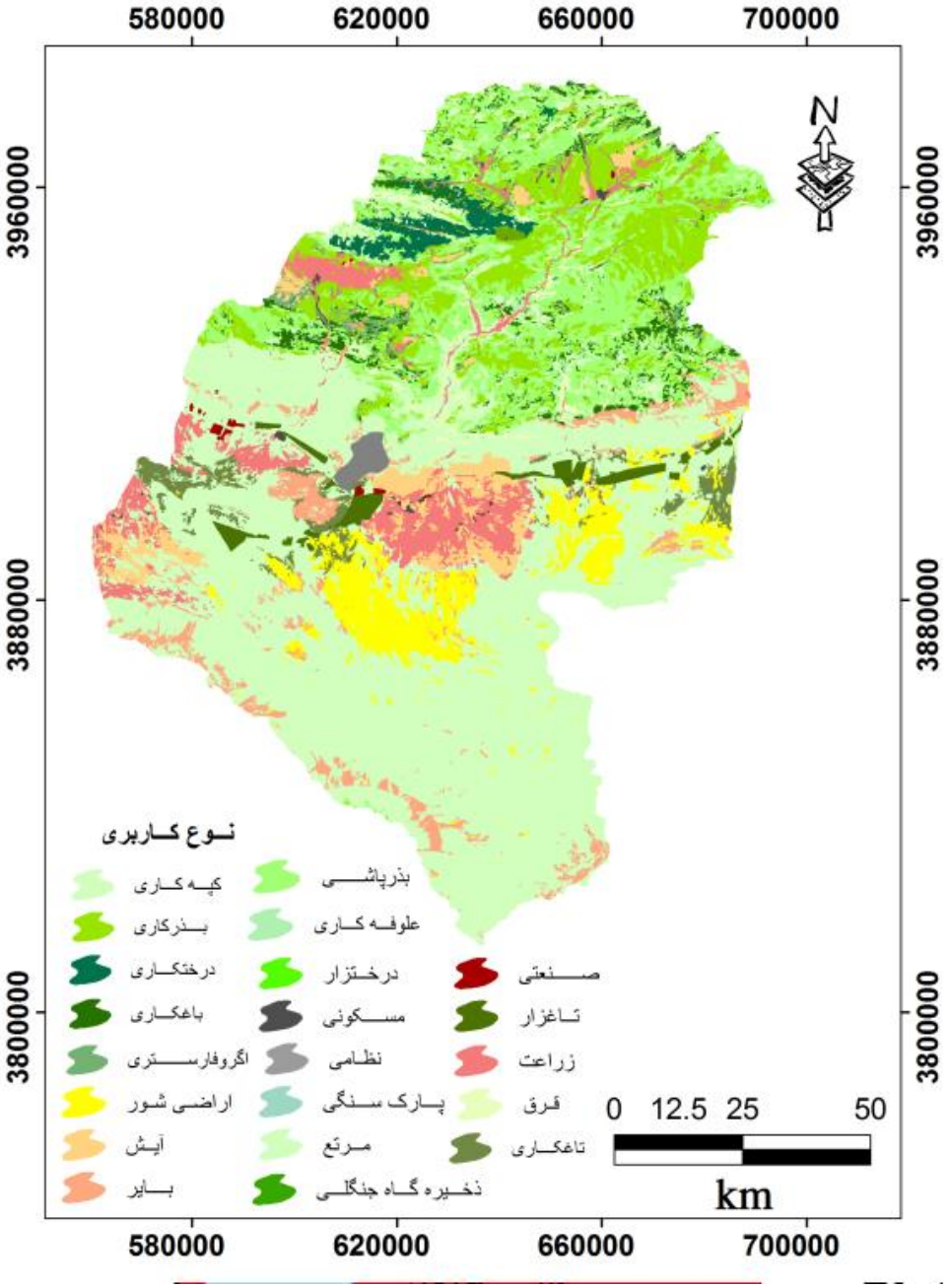
از جدول ۲ تا ۴ اســـتدلال می‌شود که اختلاف معنی‌داری بین داده‌های مشاهده‌شده و برآوردشده و خروجی مدل نیست. این نشـــان‌دهنده‌ی کارآیی مدل L-THIA در حوزه‌ی حبله‌رود است.



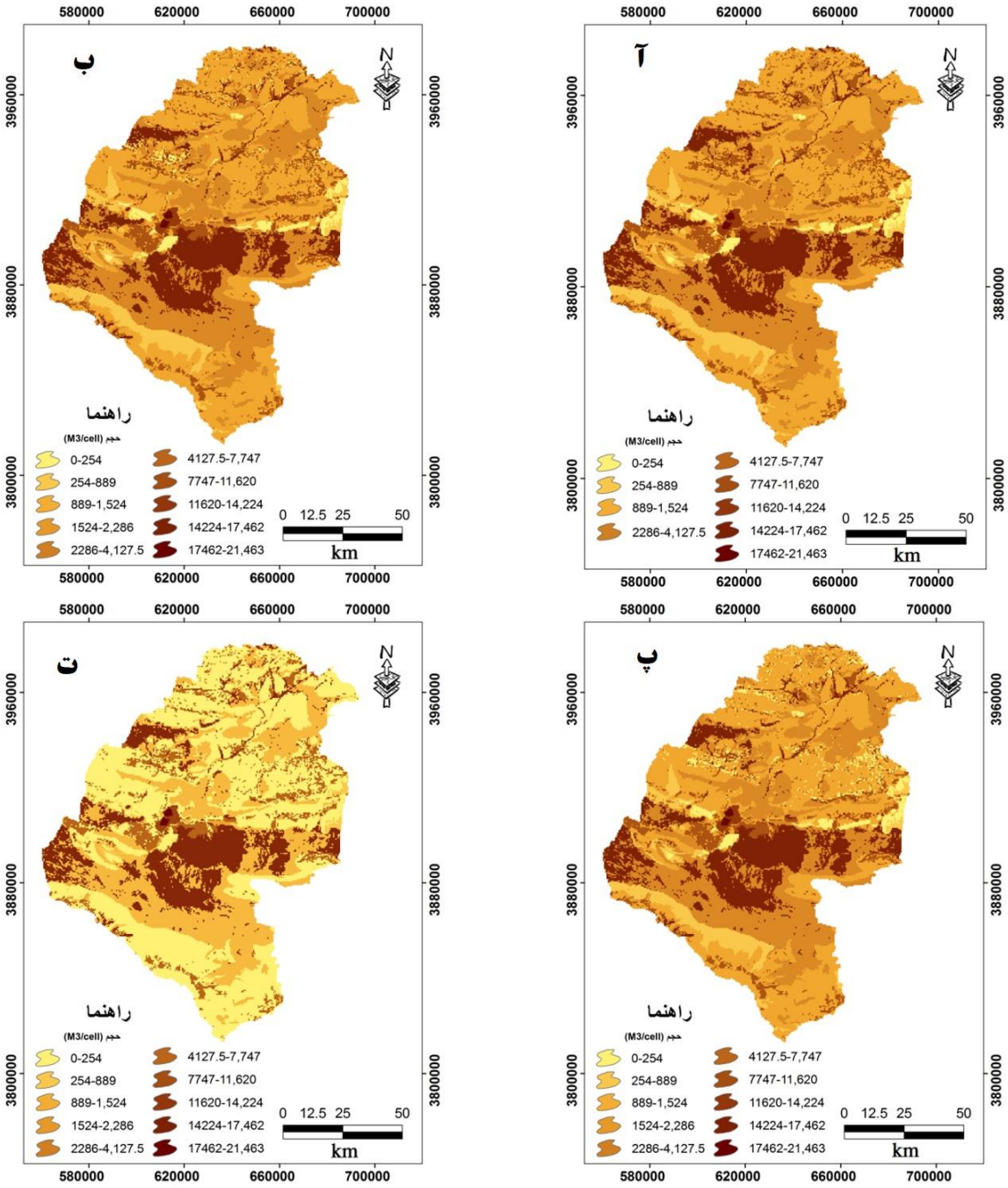
شکل ۴- توزیع ضریب تغییر بی‌قطعیتی به روش بوت‌استرپ برای حجم روان‌آب و آلاینده‌های آب آبخیز حبله‌رود. الف) فسفر، ب) نیترات و نیتریت، ج) کل جامدهای محلول ، د) حجم روان‌آب.

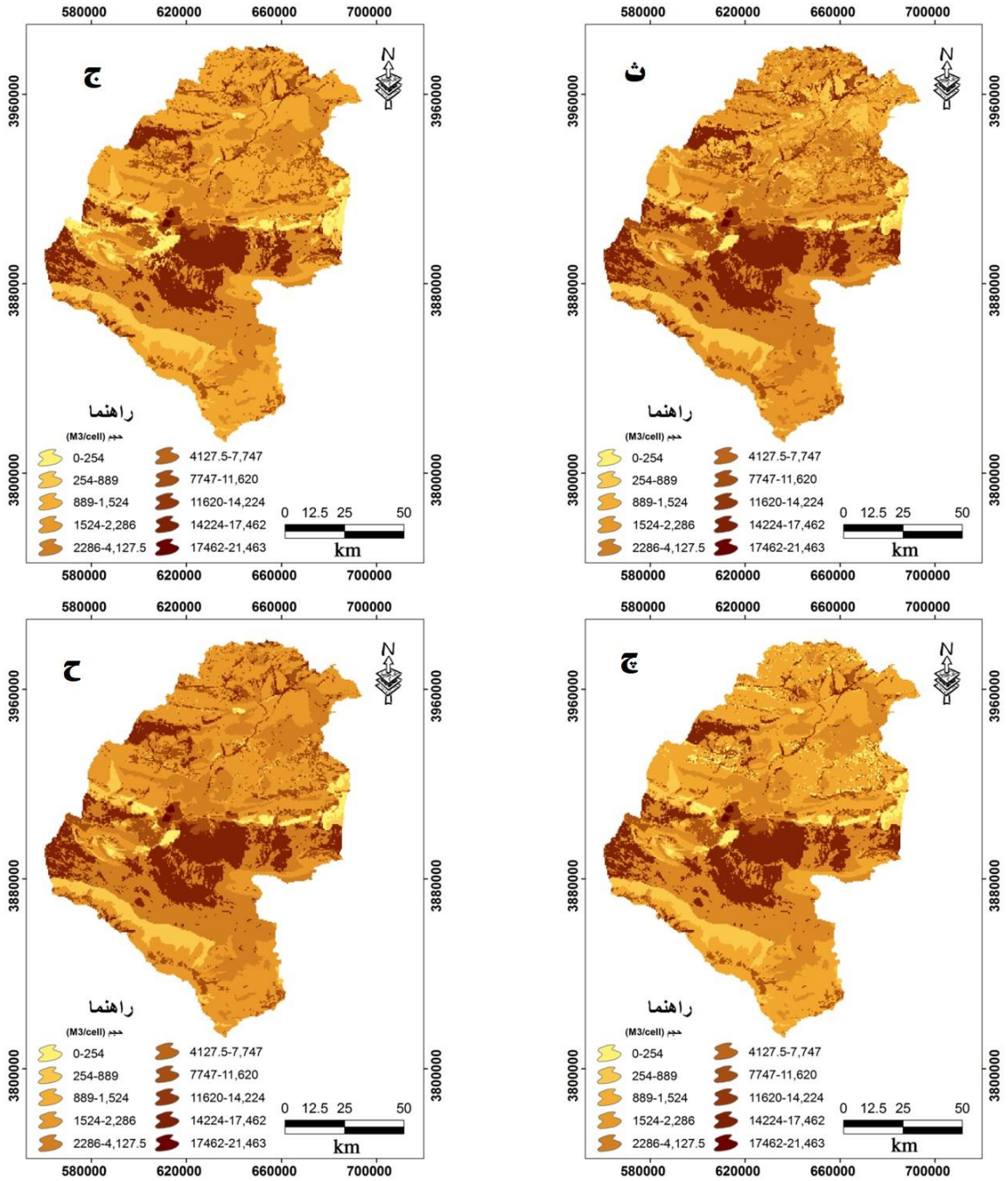
جدول۵- آماره‌های توزیع ضریب‌تغییر در حجم روان‌آب و آلاینده‌های آب آبخیز حبله‌رود با روش بوت‌استرپ.

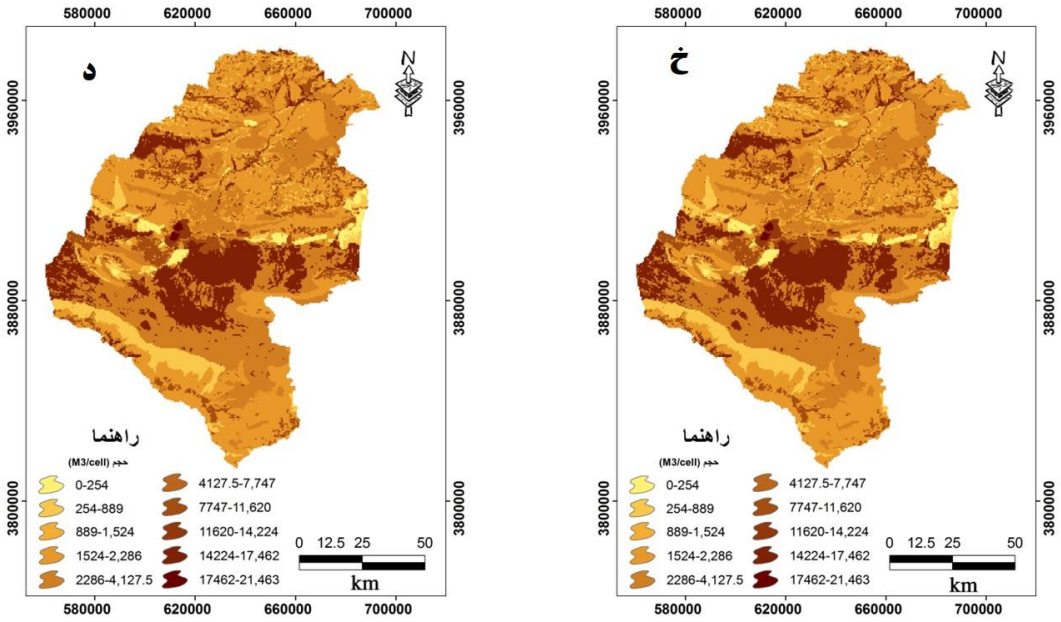
شاخص	آمار							
	میانگین	پراش	انحراف معیار	کشیدگی	چولگی	ضریب تغییر	حدود اطمینان (٪۹۷/۵)	حدود اطمینان (٪۲/۵)
فسفر	۲/۹۱	۰/۳۰	۰/۵۵	۲/۶۹	-۰/۲۵	۰/۱۹	۳/۸۹	۱/۸۴
نیترات + نیتریت	۲/۲۰	۰/۱۱	۰/۳۴	۲/۸۵	-۰/۴۱	۰/۱۵	۲/۷۸	۱/۴۷
کل جامدهای محلول	۱۳۴۳/۶۴	۱۰۱۷۵۰	۳۱۸/۹۸	۲/۴۰	-۰/۰۴۱	۰/۲۳	۱۹۲۵/۸۸	۷۴۲/۴۳
حجم	۶۰۷۴/۰۲	۲۵۹۹۱۹۰	۱۶۱۲/۲	۲/۸۴	-۰/۴۹	۰/۲۶	۸۶۲۵/۸۰	۲۶۹۱/۰۵



شکل۵- نقشه‌ی کاربری فعلی به همراه نُه حالت ممکن پیشنهادشده (در مکان‌هایی که هم‌پوشانی حالت‌های ممکن با کاربری-های فعلی است، اولویت به حالت‌های ممکن پیشنهادشده داده شد).


آ
ب
پ
ت
راهنما
حجم (M3/cell)
0-254
254-889
889-1,524
1524-2,286
2286-4,127.5
4127.5-7,747
7747-11,620
11620-14,224
14224-17,462
17462-21,463
0 12.5 25 50
km
N
580000
620000
660000
700000
3960000
3880000
3800000


ث
ج
ح
چ
راهنما
حجم (M3/cell)
0-254
254-889
889-1,524
1524-2,286
2286-4,127.5
4127.5-7,747
7747-11,620
11620-14,224
14224-17,462
17462-21,463
0 12.5 25 50
km
N
580000
620000
660000
700000
3960000
3880000
3800000



شکل ۶- نقشه حجم روان‌آب تولیدی برای حالت‌های ممکن پوشش‌گیاهی (آ: کاربری فعلی، ب: جنگل‌کاری، پ: باغ‌کاری، ت: بذرپاشی، ث: بذرکاری، ج: تاغ‌کاری، چ: درخت‌کاری، ح: علوفه‌کاری، خ: قرق، د: کپه‌کاری)

حجم روان‌آب در سلول‌هایی که حالت‌های ممکن مدیریت پوشش‌گیاهی در آن‌ها پیشنهاد شده‌است، کم‌تر از کاربری فعلی است. بیش از ۸۰ ٪ از سطح حوزه در شرایط فعلی بیش از ۸۸۹ مترمکعب در سال در هر سلول روان‌آب تولید می‌کند، درحالی که در حالت بذرپاشی به کم‌تر از ۶۰ ٪ می‌رسد. با این‌که حالت ممکن بذرپاشی کم‌تر از حالت‌های ممکن دیگر بر مقدار شماره‌ی منحنی اثر می‌کند، به دلیل داشتن مساحت زیاد، رتبه‌ی آن در کاهش دادن حجم روان‌آب خروجی جایگاه اول است (شکل ۶ (ت)). در رتبه‌های بعدی حالت‌های ممکن باغ‌کاری، تاغ‌کاری، بذرکاری و جنگل‌کاری است.

جدول۶- مقایسه‌ی حجم روان‌آب و آلاینده‌های محاسبه‌شده با مدل L-THIA برای آبخیز حبله‌رود.

حالت ممکن	حجم روان‌آب ($Million\ M^3/y$)	نیترات+نیتریت (Ton/y)	فسفر (Ton /y)	TDS (Ton /y)
کاربری فعلی	۳۰۱/۰۷	۲۱۴/۱۷	۹۲/۴۳	۱۵۵/۳۷
جنگل‌کاری	۲۹۲/۳۲	۲۱۲/۴۲	۸۷/۹۸	۱۵۴/۳۸
باغ‌کاری	۲۸۵/۴۳	۲۱۰/۸۵	۸۴/۶۲	۱۵۳/۴۷
بذرپاشی	۲۴۷/۹۲	۱۵۴/۲۱	۸۰/۳۲	۱۳۲/۹۶
بذرکاری	۲۹۰/۹۲	۱۹۳/۶۱	۹۰/۰۶	۱۳۹/۳۸
تاغ‌کاری	۲۸۷/۷۸	۲۱۱/۴	۸۵/۷	۱۵۳/۸
درخت‌کاری	۲۹۹	۲۱۱/۵۸	۸۹/۳۲	۱۵۳/۳۹
علوفه‌کاری	۲۹۷	۲۱۳/۴۷	۹۰/۲۹	۱۵۴/۹۹
قرق	۲۹۸/۴۵	۲۰۹/۹۳	۹۰/۱۷	۱۵۲/۰۹
کپه‌کاری	۲۹۷/۵۳	۲۰۹/۶۴	۸۹/۹۲	۱۵۱/۶۶

در جدول ۷ حجم روان‌آب و آلاینده‌های محاسبه‌شده با مدل L-THIA برای کاربری فعلی حوزه و حالت‌های ممکن پیشنهادشده‌ی تغییرکاربری مقایسه شده است. برای وضعیت فعلی و هر حالت ممکن پیشنهادشده یک بار مدل اجرا و نتیجه استخراج شد. حجم روان‌آب در شرایط کاربری فعلی حوزه ۳۰۱/۰۷ میلیون مترمکعب است و در حالت ممکن بذرپاشی ۲۴۷/۹۲ میلیون مترمکعب در سال کاهش یافت. با اعمال‌کردن حالت‌های ممکن بهینه مقدار آلاینده‌ها هم کاهش یافت. کاربری‌زمین با اندازه‌ی آلودگی نانقطه‌یی هم‌بستگی دارد، که با برده‌شدن با روان‌آب سطحی و ته‌نشین‌شدن در جریان‌های

پایین‌دست همـراه اسـت.
اندازه‌ی هدررفت موادمغذی رابطه‌ی مستقیمی با تولید روان‌آب دارد، هرچه روان‌آب کاهش یابد، اندازه‌ی هدررفت این مواد نیز کاهش می‌یابد. روان‌آب کشـــاورزی اغلـب شـامل مجموعه‌یی از اجزای کیفی آب مانند مـــواد مغـــذی (نیتـروژن و فسفر)، آفت کش‌ها، عامل‌های بیماری‌زا، بار معلق، نمک‌ها، و فلـزهای سنگین است. ســازوکار برآورد کردن بار آلودگی موادمعلق در مدل L-THIA براساس غلظت آلاینده در هر کاربری (میانگین غلظت آلاینده در هر روی‌داد) اســت، و چون با پیشنهاد دادن حالت ممکن، کاربری تغییر می‌کند، مقدار هدررفتن موادمغذی در هر حالت ممکن پیشنهادشده نیز تغییر می‌کند. برای نمونه مقدار نیتـــرات + نیتریت خروجی از ۲۱۴/۱۷ تن در ســـال در شـــرایط کاربری فعلی حوزه به ۱۵۴/۲ تن در سال برای حالت ممکن بذرپاشی مرتع کاهش یافت و مقدار کاهش عنصر فسفر خروجی از ۹۲/۴۳ تن در ســـال به ۸۲/۳۲ تن در سال در حالت ممکن بذرپاشی رسید. معیار حالت ممکن بذرپاشی در مدل این اســت که در مکان‌هایی که بذرپاشی و قرق شود، مرتع فقیر به مرتع خوب تغییر می‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش حالت‌های ممکن پوشش‌گیاهی با مدل بارش – روان‌آب L-THIA تجزیه و تحلیل شـد. ارزیابی نشان داد که این مدلی کارآ در کمیت و کیفیت آب در آبخیز حبله‌رود است. گلـدوی و همکاران (۲۰۱۶)، پســنده‌فرد و همکاران (۲۰۱۴)، اســفندیاری و همکاران (۲۰۱۴)، بهادری و همکاران (۲۰۰۰)، ونـگ (۲۰۰۱)، (تانگ و همـــکاران ۲۰۰۵)، یانگ و همکاران (۲۰۰۸)، ژانگ و همـــکاران (۲۰۱۱)، یوا و همکاران (۲۰۱۲)، اهیابلمـــه و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱۳)، لیـــو و همکاران (الف، ۲۰۱۵)، لیو و همکاران (ب، ۲۰۱۵)، اروین و همکاران (۲۰۱۸) و سینگ (۲۰۱۹) نیز در تحقیقات خود این مدل را مناسب و کارآ در بررسی کمیت و کیفیت آب معرفی کردند. این مدل کارآیی مناســـبی برای پیش‌بینی اثر حالت‌های ممکـــن تغییرکاربری در این حوزه دارد. نتیجـــه‌ی اهیابلمه و همکاران (۲۰۱۳)، لیو و همـــکاران (الف و ب، ۲۰۱۵)، اروییـــن و همکاران (۲۰۱۸) و سینگ (۲۰۱۹) در بررســـی اثر حالت‌های ممکن مدیریتی در مقیاس آبخیز با این تحقیق هم‌راســـتا و نشان‌دهنده‌ی کارآیی این مـــدل در پیش‌بینی‌کردن اثر حالت‌هـــای ممکن مدیریتی برای آینده است.
باتوجه به مشکلات آبخیز حبله‌رود در منابع آب و خاک ازجمله کاهش کیفیت آب، افزایش نمک‌ها و شوری آب و بروز سیل‌آب ضروری است که گام‌های مدیریتی در این حوزه برداشته شود. در این میان حالت‌های ممکن کاربری‌زمین به‌دلیل کم‌هزینه‌بودن، سازگاربودن به مسائل بوم‌شـــناختی و زیست‌محیطی و مسائل اجتماعی بیش‌تر در نظر گرفته می‌شـــود. به‌همین‌دلیل در این تحقیق اثر حالت‌های ممکن پوشـــش‌گیاهی بر کمیت و کیفیت روان‌آب بررســـی شـــده اســـت. ارزیابی اثـــر حالت‌های ممکن مدیریتی کاربری زمین بر حجم روان‌آب ســـالانه و آلاینده‌های آب با مدل L-THIA برای آبخیز حبله‌رود نشـــان می‌دهد که با بذرپاشـــی مرتع، اندازه‌ی حجم روان‌آب سالانه و آلاینده‌های آب کاهش بســـیار یافته است. حجم روان‌آب در شرایط کاربری فعلـــی حوزه ۳۰۱/۰۷ میلیون متر مکعب و در آن حالت ممکن ۲۴۷/۹۲ میلیون مترمکعب در سال کاهش یافته است.
بذرپاشـــی بیش‌ترین تأثیر را در کاهش حجم روان‌آب دارد. این تغییر را می‌توان در مساحت این حالت پیشنهادشده و اندازه‌ی تاج پوشـــش احتمالی جســـت‌وجو کرد. اندازه‌ی تاج‌پوشش و تراکم‌گیاهـــی که این حالت ایجاد می‌کنـــد زیادتر از کپه‌کاری اســـت. در نتیجه بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش اندازه‌ی روان‌آب تولیدشده و در نتیجه بیش‌ترین ذخیره‌ی آب‌زیرزمینی خواهد داشـــت. باغ‌کاری پس از بذرپاشی بیش‌ترین تأثیر را در کاهش حجـــم روان‌آب خروجـــی از حوزه‌ی حبلـــه‌رود دارد. دلیل آن خصوصیت‌هـــای منطقه‌های مســـتعد اجرای ایـــن فعالیت (در کاربری کشاورزی و شـــیب بیش از ۴۵٪) و مساحت آن است. عملیات کشاورزی در شیب‌های زیاد باعث بیش‌ترین هدررفت آب می‌شود. با اجرای این برنامه در شیب‌های بیش از ۵۰ درصد تا حدودی از وقوع روان‌آب شدید در هنگام بارندگی جآماریری خواهد شد. با توجه به چندساله‌بودن درختان میوه، در ماه‌های حســـاس به وقوع ســـیل‌های مخرب، روان‌آب کـــم تری جاری خواهد شد.
با اعمال حالت‌هـــای ممکن بهینه مقدار آلاینده‌ها کاهش یافته اســـت. در بذرپاشـــی مرتع مقدار نیترات + نیتریت خروجی از ۲۱۴/۱۷ تن در ســـال در شـــرایط کاربری فعلی حوزه ۱۵۴/۲ تن کاهش یافته است. اگر بذرپاشی شود، بیش‌ترین کاهش در خروج نیترات و نیتریت از حوزه دیده می‌شـــود. نیز اگر وضعیت موجود ادامه یابد، بیش‌ترین مقـــدار از این ماده‌مغذی از حوزه خارج می شـــود. مقدار فسفر خروجی از ۹۲/۴۳ تن در سال در شـــرایط کاربری فعلی حوزه ۸۰/۳۲ تن در سال برای بذرپاشی مرتع کاهش یافت. اگر بذرپاشـــی شـــود، بیش‌ترین کاهش در خروج فسفر، نیترات و نیتریت از حوزه دیده می‌شود. بذرپاشی پوشش‌گیاهی در مرتع‌های ضعیف حوزه‌ی حبله‌رود در مساحت زیادتری اســـت، پس می‌تواند در نفـــوذدادن آب و کاهش‌دادن هدررفت موادمغذی کمک زیادی کند. بیش‌ترین سطح حوزه‌ی حبله‌رود (۷۳ ٪) از مرتع پوشیده شده است. بیش‌تر مرتع‌های حـــوزه در رده‌ی فقیر و خیلی‌فقیر با شـــیب زیاد اســـت. اگر با فعالیت مدیریتی مناسب در مرتع‌ها بتوان تراکم پوشش‌گیاهی

را زیـاد کـرد، هدررفت مواد مغذی خاک به ویژه فسـفر کاهش می‌یابد.
این نتیجه بـا نظر لیو و همـکاران (۲۰۱۵) مبنی بر تأثیرکردن مثبت افزایش تراکم پوشـش‌گیاهی بر کاهش هدررفت نیترات و نیتریت در فعالیت‌های مدیریتی هم‌راسـتا است. باغ‌کاری دومین حالت ممکـن در کاهش هدررفت مواد مغذی فسـفر، نیترات و نیتریت از حوزه شناخته شد.
باغ‌کاری در منطقه‌های با شیب بیش از ۴۵٪ و بیش‌تر با کاربری کشـاورزی دیم پیشـنهاد می‌شـود زیرا تأثیر فراوانی در کاهش هدررفت موادمغذی به‌ویژه فسفر، نیترات و نیتریت دارد.
قابلیت‌های مدل L-THIA به مدیران و برنامه‌ریزان این توانایی را می‌دهـد که بتوانند بـا مدیریت‌کردن بهینـه‌ی کاربری‌زمین مانع افزایش حجم سـیل‌آب و کاهش کیفیت آب شـوند و پی‌رو آن از خسـارت‌های آن‌ها جآماریری کننـد. این مدل می‌تواند به تصمیم گیـران در ارزیابی‌کردن اثر محیطـی حالت‌های ممکن مدیریتی و بهبوددادن تصمیم‌گیری در مقیاس آبخیز کمک کند.
از آن‌جا که فعالیت‌های مدیریت پوشـش‌گیاهی در کاهش حجم روان‌آب ناشـی از بارندگی و افزایش کیفیت آب نقش بسـزایی دارد، می‌توان گفت که اجرای فعالیت‌های مدیریتی پوشش‌گیاهی بـه کاهش حجم روان‌آب و آلاینده‌هـای آب در این حوزه منجر می‌شود.

سپاس‌گزاری
بـه ایـن وسـیله از همه‌ی کسـانی کـه مـا را در مرحله‌های مختلف ایـن پژوهش یـاری کردند، صمیمانه تشـکر می‌کنیم. هزینـه‌ی این پژوهـش از اعتبارهای پژوهشـی دانشـگاه علوم کشـاورزی و منابع‌طبیعـی گـرگان در پایان‌نامـه‌ی دکتـرا تأمین شد.

فهرست منابع

Ahiablame L, Engel BA, Chaubey I. 2012. Representation and evaluation of low impact development practices with L-THIA-LID: an example for site planning. Environ. Pollut. 1 (2):1–13 http://dx.doi.org/10.5539/ep.v1n2p1.

Ahiablame L, Engel BA, Chaubey I. 2013. Effectiveness of low impact development practices in two urbanized watersheds: retrofitting with rain barrel/cistern and porous pavement. Journal of Environmental Management. 119(3):151–161.

Azarnivand H, Namjoyan R, Arzani H, Jafari M, Zare Chahouki MA. 2007. Localization of range improvement plans using GIS and comparing with suggested projects of range management plans in Lar Region. Journal of Rangeland. 1(2):159–169. (In Persian)

Bai M, Sadoddin A, Salman Mahini A. 2015. Uncertainty an analysis in predicting ecological impacts of management scenarios in the Chehl-Chai Watershed. Gorganrood River Basin. Iranian Journal of Applied Ecology. 3 (10): 77–89. (In Persian).

Bhadori B, Harbor J, Engel B, Grove M. 2000. Assessing watershed-scale, long-term hydrologic impacts of land-use change using a GIS-NPS Model. Environmental Management. 26(6): 643–658.

Cai X, McKinney DC, Lasdo L. 2003. An integrated hydrologic-agronomic-economic model for river basin management. Journal of Water Resources Planning and Management. 129(1): 4–17.

Chen X, Liu X, Penga W, Donga F, Chen Q, Sun Y, Wang R. 2019. Hydro climatic influence on the salinity and water volume of a plateau lake in southwest China. Science of the Total Environment. 659(1): 746–755.

Efron B, Tibshirani R. 1986. Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other measures of statistical accuracy. Statistical Science. 1(1): 54–77.

Engle BA, Choi JY, Harbor J, Pandey S. 2003. Web-based DSS for hydrologic impact evaluation of small watershed land use changes. Computers and Electronics in Agriculture. 39(3): 241–249.

Esfandiary F, Beheshti JA, Fathi M. 2014. Hydrological impact assessment of land use change on annual surface runoff at the Gharasoo Catchment by using L-THIA Model. Iranian Journal of Hydro Geomorphology. 1(1): 59–73. (In Persian).

Goldavi S, Mohammadzadeh M, Salmanmahine A, najafi A. 2016. Impacts an assessment of land use change on surface water using L-THIA Model in Gorgan Area. Environmental Researches. 6(11): 111–191. (In Persian).

Irwin NB, Irwin EG, Martin JF, Aracenac P. 2018. Constructed wetlands for water quality improvements: Benefit transfer analysis from Ohio. Journal of Environmental Management. 206(15): 1063–1071.

Kaykhosravi S, Khan UT, Jadidi A. 2018. A Comprehensive review of low impact development models for research, Conceptual, Preliminary and Detailed Design Applications. Water. 10 (11): 1–28.

Keshtkar AR, Salajegheh A, Sadoddin A, Allan MG. 2013. Application of bayesian networks for sustainability assessment in catchment modeling and management (Case study: The Hablehrood River Catchment). Ecological Modeling. 268 (1): 48–54.

Kiaee M, Jafari M. 2014. Investigation and consideration of forest tree reaction to climate and environmental changes (Case

study: Lavizan Forest Park). Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology. 32(1): 16–27.

Li N, Xu YP, Guo HC. 2007. Analysis of long-term impact of urbanization on surface run-off in Xitiaoxi River Basin. Environmental Informatics Archives. 5(1): 346–353.

Liu Y, Li S, Wallace CW, Chaubey I, Flanagan DC, Theller LO, Engel BA. 2017. Comparison of computer models for estimating hydrology and water quality in an agricultural watershed. Water Resources Management. 31(11): 3641–3665.

Liu Y, Bralts VF, Engel BA. 2015 a. Evaluating the effectiveness of management practices on hydrology and water quality at watershed scale with a rainfall-runoff model. Science of the Total Environment. 511(1): 298–308.

Liu Y, Ahiablame L, Bralts VF, Engel BA. 2015 b. Enhancing a rainfall-runoff model to assess the impacts of BMPs and LID practices on storm runoff. Journal of Environmental Management. 147 (1):12–23.

Mahini AR. 2013. Capability evaluation and land use planning of integrated watershed management in Hablerud River Basin. Pooneh publication. Tehran. 368 p. (In Persian).

Pasandidehfard Z, Salman Mahini A, Mirkarimi SH, Akbari M, Gholamalifard M. 2014. Non-point source pollution modeling using geographic information system (GIS) for representing best management practices (BMP) in the Gorganrood Watershed. Iranian Journal of Applied Ecology. 3 (8):43–54. (In Persian).

Perry P, Nawaz R . 2008. An investigation into the extent and impacts of hard surfacing of domestic gardens in an area of Leeds, United kingdom. Landscape and Urban Planning. 86(1): 1–13.

Rad MH, Mirhossini Dehabadi SR, Meshkat MA. 2008. Effect of water stress on some physiological characteristics of Haloxylon aphyllum. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research. 16(1): 75–93. (In Persian).

Regional Water Company of Terran. 2016. Discharge data of hydrometric stations located in the Hablehrud Basin.

Sadoddin A, Letcher RA, Jakeman AJ, Newham LTH. 2005. A Bayesian decision network approach for assessing the ecological impacts of salinity management. Journal of Mathematics and Computers in Simulation. 69(1): 162–176.

Sarangi A, Madramootoo CA, Cox C. 2004. A decision support system for soil and water conservation measures on agricultural watersheds. Land Degradation and Development. Land Degradation and Development. 15 (49:(49–63.

Sekara WG, Gupta NA, Valeo C, Hasbani JG, Qiao Y, Delaney P, Marceau DJ. 2012. Assessing the impact of future land-use changes on hydrological processes in the Elbow River watershed in southern Alberta, Canada. Journal of Hydrology. 4 (41): 220–232.

Singh TB. 2019. Modification of the LTHIA GIS model to assess the water quantity and quality of Canadian Great Lakes Watershed. A Thesis of Master of Applied Science in Engineering, The University of Guelph. 129 p.

Tang Z, Engel BA, Pijanowski BC, Lim KJ. 2005. Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. Environmental impact at a watershed scale. Journal of Environmental Management. 76(1): 45–35.

Turner BL, Moss RH, SKole DL. 1993. Relating landuse and global Land-cover change: A Proposal for an IGBP- HDP Core Project

Global Change Report. Stokholm, Sweden. pp. 221–223.

Water and Wastewater Company of Semnan province. 2016. Water quality data of Bonkooh Hydrometric Station.

Weng Q. 2001. Modeling urban growth effects on surface runoff with the iintegration of remote sensing and GIS. Environment Management. 28(6): 737–748.

Yang L, Ma K, Guo Q, Bai X. 2008. Evaluating long-term hydrological impacts of regional urbanisation in Hanyang, China, using a GIS model and remote sensing. International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 15(4): 350–356.

Youa YY, Jin WB, Xiong QX, Xu L, Ai TC, Li BL. 2012. Simulation and validation of on-point source nitrogen and phosphorus loads under different land uses in Sihu Basin, Hubei Province, China, The 18th Biennial Conference of International Society for Ecological Modelling Procedia Environmental Sciences. 13(1): 1781 – 1797.

Zhang J, Shen T, Li, M, Wan Y, Liu J, Li J. 2011. Research on non-point source pollution spatial distribution of Qingdao based on L-THIA model. Mathematical and Computer Modeling. 54(3): 1151–1159.

Watershed Management Research

VOL. 33, No. 3, Ser. No: 128, Autumn 2020, pp.36 -52
DOI: 10.22092/wmej.2019.127488.1251

Predicting the Impacts of Land Cover Management Scenarios on the Run-off Volume and River Pollutants Using the L-THIA Model for the Hablehrud basin

Ebrahim Karimi Sangchini
(Corresponding Author)* Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran
Majid Ownegh
Professor of Watershed Management Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Amir Sadoddin
Associate Professor of Watershed Management Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Ebrahim Yousefi Mobarhan
Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Semnan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Semnan, Iran

Corresponding Author Email: E.karimi64@areeo.ac.ir
Received: 21 August 2019 Accepted: 17 December 2019

Abstract
Land cover change is an important factor in terms of its impacts on altering the quantity and quality of the flow regimes. The Long-term Hydrologic Impact Assessment model was used to predict the impacts of land cover management scenarios on run-off volume and water pollutants on the Hablehrud Basin. Land-use and soil hydrologic group layers were used in running the model. Evaluation of the results indicated a satisfactory performance at the 5% level of significance. Additionally, the model uncertainty analysis was conducted using the bootstrap method. Nitrate, nitrite and run-off volume parameters had the minimum and maximum uncertainty levels with respect to the coefficient of variation at 0.15 and 0.26, respectively. In addition to the current condition, agroforestry, seeding, drill seeding, hill-drop planting, grazing exclusion, haloxylon plantation, orchard stabilization, tree plantation and forage growing actions were evaluated. By applying the seeding scenario, the annual runoff volume would drop from 301.07 million cubic meters per year for the current land use in the watershed to 247.92 million cubic meters per year. Given the seeding scenario, the total amounts of nitrates, nitrite and phosphorus in the watershed would also decrease from 214.17 and 92.4 ton per year for the current land cover to 154.2 and 80.3 ton per year, respectively. Evaluation of the results indicates the satisfactory performance of the model to predict the effects of land-use change scenarios in this area. Implementing the land cover management actions leads to a reduction in the run-off volume as well as the water pollutants on the Hablerud Basin.

Keywords: Land cover management scenarios, L-THIA model, run-off volume, The Hablehrud Basin, water pollutants