

مقدمه

تقاضا برای منابع آب زیرزمینی با گسترش فعالیت‌های انسانی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، افزایش یافته و مسائل زیست‌محیطی را به دنبال داشته است [۱]. نشست زمین یکی از تبعات تخلیه آبخوان از آب محسوب می‌شود [۶ و ۲۳]. دسترسی به آب در یک منطقه به چگونگی تقسیم بارندگی به رواناب سطحی، جریان زیرسطحی، تغذیه آب زیرزمینی بستگی دارد. سهم هر یک از این اجزاء در یک سامانه منابع آب، تحت تاثیر کاربری اراضی است. بر خلاف خصوصیات ثابت حوضه آبریز (از جمله خاک و ناهمواری)، اقلیم و کاربری اراضی ممکن است در طول زمان دچار تغییراتی شوند [۹]. بنابراین شناسایی و پایش اثرات تغییرات کاربری اراضی به منظور حفاظت محیط‌زیست و تضمین توسعه پایدار ضروری است [۳۴]. ساختار آبخوان‌ها، به دلیل منشا زمین‌شناسی آن، معمولاً لایه لایه است [۷]. وجود آبخوان‌های چندلایه شامل لایه‌های آزاد و تحت فشار، به علت مناطق تغذیه غیرمشابه و تاثیرپذیری غیریکسان از فعالیت‌های انسانی، پیچیدگی‌هایی در دینامیک آب زیرزمینی به وجود می‌آورد [۱۸]. تغذیه می‌تواند به طور مستقیم و با نفوذ عمقی آب باران انجام شود و یا به طور غیر مستقیم توسط آب برگشتی مزارع، چاه‌های جذبی و مانند آن تامین شود. الگوی تغییرات کاربری اراضی، میزان تغییر در تغذیه آب زیرزمینی را منعکس می‌کند [۲۶]. برآورد تغذیه آب زیرزمینی می‌تواند به بهره‌برداران و سیاست‌گذاران برای توسعه پایدار در مناطق نیمه‌خشکی همچون ایران کمک کند [۱۰].

هراث و دوتا [۱۵] نشان دادند که اجزای مختلف چرخه آبی به میزان متفاوت تحت تاثیر تغییر کاربری اراضی قرار می‌گیرند. گرمر و همکاران [۱۳] تاثیر جنگل‌زدایی را در بخش جنوب غربی جنگل‌های آمازون مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این موضوع می‌تواند حجم رواناب را در سطح وسیعی از این جنگل‌ها افزایش دهد. کاتو و همکاران [۱۹] رابطه بین دسترسی به آب و تغییر در کاربری اراضی دشتی در کشور مصر را بررسی کردند. آن‌ها در تحقیق خود با پردازش تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۰، نشان دادند که زمین‌های کشاورزی و مناطق شهری به ترتیب ۹۱ و ۱۱۵ درصد افزایش یافته است. در نتیجه این تغییرات، برداشت از آب زیرزمینی بین سال‌های ۱۳۵۵ و ۱۳۸۵، ۵۷ درصد افزوده شد. همچنین سینگ و همکاران [۳۶]، ویجسکارا و همکاران [۳۹]، میسرا و همکاران [۲۶] و ژانگ و همکاران [۴۱] مقادیر مختلف افزایش

ارزیابی اثر تغییر کاربری اراضی بر تغذیه آب زیرزمینی در آبخوان چندلایه

ایمان کریمی‌راد^۱، کیومرث ابراهیمی^۲ و شهاب عراقی‌نژاد^۳
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷

چکیده

فعالیت‌های انسانی با تغییر در کاربری اراضی فرآیندهای هیدروژئولوژیک را تحت تاثیر قرار داده است. در این مقاله تاثیر تغییرات تاریخی کاربری اراضی بر میزان تغذیه هر یک از لایه‌های آزاد و تحت فشار آبخوان استان گلستان مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور از نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ استفاده شد. همچنین به منظور ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی بر پتانسیل تولید رواناب و تغذیه مستقیم آب زیرزمینی از روش SCS استفاده شد. جنگل‌زدایی در مناطق کوهستانی و شهرسازی در محدوده دشت از مهمترین تغییرات کاربری اراضی موثر بر آبخوان‌های آزاد و تحت فشار بوده اند. بر اساس نتایج سطح پوشش جنگل و مرتع در مناطق کوهستانی به ترتیب ۸/۷ و ۴ درصد کاهش یافته و تماماً به زمین‌های کشاورزی اضافه شده است. تاثیر تغییر کاربری اراضی بر تغذیه آب زیرزمینی بیشتر از تولید رواناب بوده و سفره تحت فشار بیشتر تحت تاثیر قرار گرفته است. این تاثیر در طول ۳۰ سال اخیر منجر به کاهشی به ترتیب معادل ۱۸/۱۲ و ۱۲/۴۰ درصد از تغذیه سفره‌های آزاد و تحت فشار و افزایش به ترتیب معادل ۱۴/۱۴ و ۴/۲۳ درصدی پتانسیل تولید رواناب در سطوح تغذیه‌ای این سفره‌ها شده است.

کلید واژه‌ها: روش SCS، سفره آزاد، سفره تحت فشار،

شماره منحنی، GIS

۱- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

۲- نویسنده مسئول و استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران. پست الکترونیک: EbrahimiK@ut.ac.ir

۳- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

رواناب و کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی را به ازای میزان متفاوت از جنگل‌زدایی، شهرسازی و تبدیل مرتع به زمین کشاورزی گزارش نمودند.

روش شماره منحنی^۱ (CN) که توسط سرویس حفاظت منابع طبیعی ایالات متحده^۲ (NRCS) توسعه یافته، به طور گسترده‌ای برای ارزیابی اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات آب‌های سطحی و زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته است. مصطفی و همکاران [۳۰] و کومار و همکاران [۲۲] تغییرات جریان پیک سیلاب را در اثر کاربری اراضی ارزیابی کردند. یان و ادواردز [۴۱] کاربری اراضی حوضه رودخانه ایلینویز^۳ در ایالات متحده را در سال ۲۰۱۹ شبیه‌سازی کردند. در تحقیق ایشان پیش‌بینی شد که مساحت مناطق شهری از ۳/۷ درصد در سال ۱۹۹۳ به ۲۳/۶ درصد در سال ۲۰۱۹ خواهد رسید و موجب افزایش مقدار CN از ۶۸/۹ به ۷۲/۱ خواهد شد. نیه و همکاران [۳۱]، علی و همکاران [۲]، ساجیکومار و رمیا [۳۴] و لین و همکاران [۲۳] نیز تاثیر تغییر کاربری اراضی بر تولید رواناب را با روش SCS مورد مطالعه قرار دادند. همچنین گبرساموئل و همکاران [۱۲] و بیکر و میلر [۴] تغییرات ظرفیت ذخیره آب خاک و میزان تغذیه آب زیرزمینی را در شرایط تغییر کاربری اراضی بررسی کردند.

در داخل کشور نیز تحقیقاتی در زمینه اثر کاربری اراضی بر مولفه‌های هیدرولوژیک حوضه‌ها انجام شده است. از آن جمله، کاویان و رضایی پاشا [۲۱] با مطالعه تاثیر کاربری اراضی بر تخریب خاک حوضه کسلیان، میزان فرسایش‌پذیری سطحی را در زمین‌های کشاورزی و مراتع، به ترتیب ۸۵/۷ و ۱۱۴/۳ درصد بیشتر از جنگل محاسبه نمودند. در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری این درصد افزایش به ۹۰/۹ و ۷۲/۷۲ رسید. مرتضایی فریزه‌ندی و کهندل [۲۹] نیز در استان چهارمحال و بختیاری، نتیجه‌گیری کردند که میزان برداشت از آب زیرزمینی در شش دشت، باید از ۱۲ تا ۶۶ درصد کاهش یابد و در سه دشت نیز قابلیت توسعه بهره‌برداری بین ۳۰ تا ۴۵ درصد وجود دارد.

تعداد تحقیقات پیرامون تغییر کاربری اراضی و ارزیابی اثرات آن بر منابع آب استان گلستان بسیار اندک است. محمدی و همکاران [۲۸] با مدل‌سازی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل در حوضه جعفرآباد استان گلستان، به این نتیجه دست یافتند که افزایش ۴/۲ درصدی مساحت جنگل باعث کاهش ۴/۴۴ و ۱/۸ درصدی حجم سیلاب‌های کوچک و بزرگ می‌شود. در حالی که تبدیل ۳/۹ درصد از جنگل‌ها به اراضی دیم، به ترتیب، منجر به افزایش ۲/۶ و ۱/۶ درصدی سیلاب خواهد شد. نوروزی مهیاری و همکاران [۳۳] به مطالعه اثر تغییر کاربری اراضی در حوضه شصت‌کلاته استان گلستان پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که تخریب جنگل‌ها

میزان فرسایش و رواناب را به ترتیب ۶۳/۴ و ۳۲ درصد افزایش داده و نهال‌کاری به میزان ۴۶/۶ و ۵۰/۷ درصد از آن می‌کاهد. سلمانی و همکاران [۳۶] نیز با بررسی تغییرات رژیم هیدرولوژیکی حوضه قزاقلی استان گلستان با استفاده از مدل SWAT، تخمین زدند که اگر مساحت مناطق مسکونی تقریباً ثابت بماند، زمین‌های کشاورزی ۳۰ درصد افزایش یافته و جنگل‌ها و مراتع به ترتیب ۵ و ۲۶ درصد کاهش یابد، جریان آب زیرزمینی یک درصد کاهش و جریان آب سطحی تا ۱۷ درصد افزایش خواهد یافت.

دینامیک جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌های چندلایه توسط بیکر [۵] یا ژو و لی [۴۳] مطالعه شده است. محققانی نیز تاثیر عوامل مختلف را بر این نوع آبخوان‌ها بررسی کرده‌اند ولی در این تحقیقات، کل آبخوان به عنوان یک پیکره آبی واحد در نظر گرفته شده است؛ مانند آبخوان‌های لاپلانا دلاگالرا^۴ و سین^۵ که به ترتیب توسط استیگتر و همکاران [۳۸] و هبتس و همکاران [۱۴] مطالعه شده است.

بر اساس تحقیقات انجام گرفته، تغییر کاربری اراضی با تاثیر بر نفوذپذیری خاک، میزان برداشت از آبخوان و سطح مناطق غیرقابل نفوذ، بر رژیم هیدرولوژیک اثرگذار است. این اثرات هیدرولوژیک می‌تواند شامل تغییر در حجم رواناب و پیک سیلاب، میزان تغذیه سفره آب زیرزمینی، فرسایش‌پذیری خاک و رسوب رودخانه باشد. همچنین، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش SCS کارآمدی خود را در برآورد میزان تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی اثر آن بر جریان‌های سطحی و زیرزمینی نشان داده است. بنابراین هدف مقاله حاضر بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی در استان گلستان و ارزیابی اثرات آن بر میزان تغذیه مستقیم هر یک از لایه‌های آزاد و تحت‌فشار آبخوان چندلایه این استان است. این مقاله نسخه توسعه یافته و اصلاح شده کریمی راد و همکاران [۱۹] است.

مواد و روش‌ها

متوسط بارندگی سالانه استان گلستان ۵۵۰ میلی‌متر و اقلیم آن بر طبق روش دومارتن در شمال نیمه‌خشک و در جنوب و جنوب غرب نیمه‌مرطوب است [۳۰]. مساحت آبخوان آبرفتی چندلایه ۴۷۲۰ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط سطح آبخوان ۶۳ متر است. این آبخوان از دریای خزر در غرب تا شهر کلاله در شرق به طول ۱۳۰ کیلومتر و به عرض متوسط حدود ۳۵ کیلومتر از دامنه رشته کوه البرز به سمت شمال امتداد یافته است و شامل لایه‌های مجزای تحت‌فشار و آزاد است که با لایه محصورکننده افقی کاملاً گسترده و پیوسته‌ای از هم جدا شده‌اند. تنها یک نوار حدود ۴۰۰ کیلومترمربعی در جنوب و جنوب شرقی دشت تک‌لایه و آزاد است. بخش شمال غربی لایه آزاد حاوی آب شور است که منشاء آن انحلال آب‌های شور فسیلی و تداخل آب دریای خزر است [۱۷]. این آبخوان

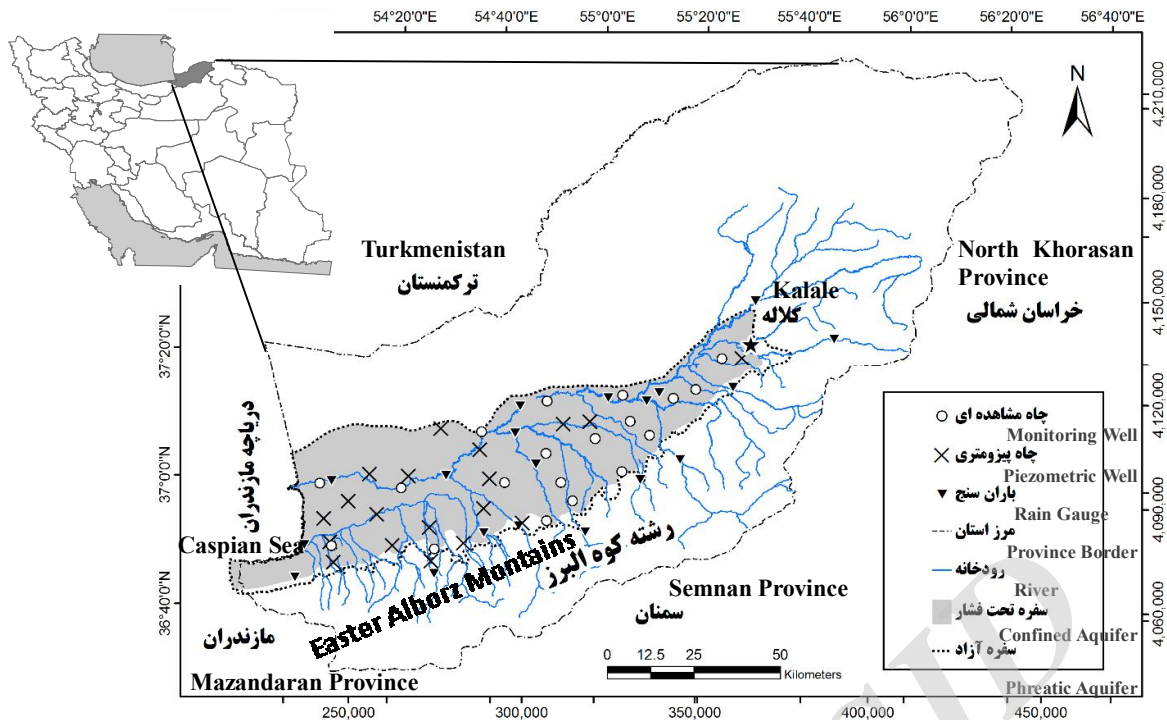
1- Curve Number

2- Natural Resources Conservation Service

3- Illinois

4- La Plana de La Galera

5- Seine



شکل ۱- جانمایی آبخوان ابرفتی چندلایه استان گلستان، باران سنج های منتخب، چاه های مشاهده ای و چاه های پیزومتریک
Location of alluvial multilayer aquifer in Golestan province, selected rain gauges, observational wells and piezometric wells

به صورت عمود بر آن رسم و بر اساس جهت جریان و ساختار زمین شناسی، مناطق تغذیه هر سفره مشخص شده است. در مقاله حاضر، از نقشه های کاربری اراضی تهیه شده با استفاده از تصاویر Landsat TM در سال های ۱۳۶۳، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ استفاده شده است. مهم ترین ویژگی های این تصاویر تفکیک مکانی ۳۰ متری و تفکیک طیفی ۸ بیتی آن است [۳]. روش SCS به منظور ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی بر تغذیه هر لایه بکار گرفته شد. در این روش به منظور تعیین تلفات بارش، مقادیر CN با تلفیق اطلاعات کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک خاک و بر اساس جداول مربوطه تعیین می شود [۸]. کمیت S موجود در این روش به عنوان حداکثر پتانسیل نگهداشت پس از شروع رواناب (رابطه ۱) می تواند معرف نفوذ باشد؛ بنابراین در مقاله حاضر این پارامتر به منظور مقایسه نرخ تغذیه مستقیم آب زیرزمینی استفاده شد. از سوی دیگر R (رابطه ۲) نشان دهنده رواناب کل است.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (1)$$

$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (2)$$

لازم به ذکر است که کلیه محاسبات این بخش در محیط ArcGIS، با استفاده از نقشه های رستری منطقه مورد مطالعه انجام گرفته و سپس مقادیر میانگین در هر محدوده گزارش شده است.

چندلایه بخش عمده نیاز شرب و ۶۵ درصد نیازهای کشاورزی منطقه را تامین می کند [۱۶]. برداشت از سفره تحت فشار در تمام سطح دشت انجام می شود، ولی تنها در نوار آبخوان تک لایه مکان تغذیه دارد. در حالی که سفره آزاد قابلیت تغذیه در سرتاسر دشت و مناطق کوهستانی را دارد.

در مقاله حاضر تحلیل روند بارش ماهانه، با استفاده از داده های ۱۹ باران سنج بین سال های ۱۳۵۵ و ۱۳۹۲ که پراکنش یکنواختی در سطح منطقه دارند، انجام پذیرفته است. همچنین آمار ۱۹ چاه مشاهده ای که سطح آب سفره آزاد را ثبت می کند، با دوره آماری مشابه با داده های بارش و ۱۹ چاه پیزومتری حفر شده در سفره تحت فشار با دوره ۱۴ ساله (از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۹۲) مورد استفاده قرار گرفت. داده های مورد استفاده توسط شرکت آب منطقه ای استان گلستان اندازه گیری و ثبت شده است. معناداری روند با آزمون من-کندال [۲۵] و مقدار شیب صعودی یا نزولی آن با استفاده از کمیت شیب سن^۲ تعیین شد. محل قرارگیری این ایستگاه ها و محدوده آبخوان در شکل ۱ نشان داده شده است.

نقشه خطوط هم تراز آب زیرزمینی (شکل ۲- چپ) و سطح پیزومتری (شکل ۲- راست) با استفاده از روش اسپلاین تنظیم شده [۱۱] در محیط نرم افزار Arc MAP 10.3 ترسیم و خطوط جریان

- 1- Mann-Kendall
- 2- Sen's slope
- 3- Regularized spline

نتایج

آزمون من- کندال در سطح اطمینان ۹۵ درصد روند معناداری را در داده‌های بارش نشان نداد. سطح پیزومتریک سفره تحت فشار با نرخ ۱۲ میلی‌متر بر ماه در حال افت است و سطح آب سفره آزاد یک میلی‌متر در ماه کاهش یافته است (جدول ۱). از آنجا که که طبق بررسی به عمل آمده، در طی دوره مشابه با داده‌های سفره تحت فشار (۱۴ ساله اخیر)، روند تغییرات سطح آب سفره آزاد معنادار نبوده است. از اینرو می‌توان کلیه تغییرات بلندمدت در وضعیت آبخوان را ناشی از عوامل انسانی که شامل برداشت بی‌رویه و تغییر کاربری اراضی و غیره می‌باشد، دانست.

جدول ۱- نتایج آزمون من- کندال در سطح اطمینان ۹۵ درصد

Table 1. The results of Mann- Kendall trend test

سری زمانی Time series	مقدار P P-Value	نتیجه آزمون Test result	شیب سن Sen's slope
بارش Precipitation	0.1982	بدون روند	0.0000
سطح آب سفره آزاد Phreatic aquifer water level	0.0000	دارای روند	0.001
سطح پیزومتریک سفره تحت فشار Confined aquifer piezometric level	0.003	دارای روند	0.012

منطقه تغذیه لایه آزاد به مساحت ۱۱۱۵۰ کیلومتر مربع، تمام سطح آبخوان و حوضه‌های آبریز آن را در برمی‌گیرد (محدوده با مرز خط پر در شکل ۲). منطقه تغذیه لایه تحت فشار نیز به مساحت

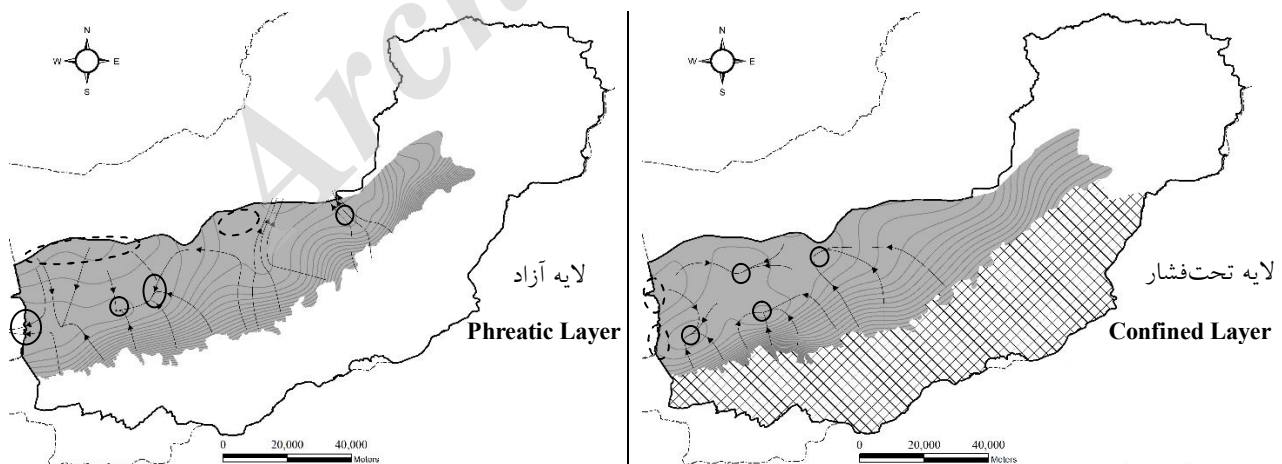
۳۸۳۷ کیلومتر مربع، در مناطق کوهستانی جنوب منطقه واقع شده است (سطح مشبک در شکل ۲).

بر اساس توزیع بارش در منطقه، متوسط بلندمدت بارش سالانه در منطقه تغذیه لایه آزاد، منطقه تغذیه لایه تحت فشار و سطح آبخوان چندلایه به ترتیب ۵۴۵، ۵۸۲ و ۵۲۲ میلی‌متر است. با توجه به این که خطوط جریان واگرا نشان‌دهنده تغذیه و خطوط همگرا نمایانگر برداشت آب است [۳۹]، چند منطقه تغذیه (خط چین) و تخلیه (خط پر) در سطح دشت شناسایی شد (شکل ۲). در سفره آزاد چهار منطقه تخلیه عمده وجود دارد که از شرق به غرب عبارتند از اطراف شهر گنبد کاووس، دو منطقه کشاورزی و تخلیه به دریای خزر. در بین مناطق تغذیه، منطقه شرقی مربوط به دریاچه سد و شمشگیر و منطقه غربی مربوط به ورود و توسعه آب شور فسیلی در سفره است (شکل ۲).

همه مناطق برداشت عمده از سفره تحت فشار در کاربری کشاورزی قرار دارند. تداخل آب دریا نیز در این سفره مشهود است. آب شور دریا در محل مصب رودهای قره‌سو و گرگانرود به سفره وارد می‌شود. همچنین در محدوده شهر گرگان گرادیان شدید رو به پایین آب زیرزمینی در هر دو سفره قابل مشاهده است که نشان‌دهنده برداشت زیاد از آبخوان است (شکل ۲).

شکل ۳ کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ را نشان می‌دهد و جدول ۲ مساحت مربوط به هر کاربری را در محدوده منطقه تغذیه لایه آزاد، منطقه تغذیه لایه تحت فشار و سطح آبخوان چندلایه ارائه می‌دهد. منطقه تغذیه لایه تحت فشار غالباً جنگلی و با مناطق غیرقابل نفوذ نسبتاً ناچیز است که البته در حال توسعه می‌باشند.

در طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲، کاربری جنگل بطور پیوسته در حال کاهش و مناطق غیرقابل نفوذ به طور چشمگیری رو به افزایش



شکل ۲- خطوط هم‌تراز سطح پیزومتریک سفره تحت فشار (سمت راست)، خطوط هم‌تراز سفره آزاد (سمت چپ)، خطوط جریان (خطوط جهت‌دار)، مناطق تخلیه (خط پر) و مناطق تغذیه (خط چین)

Figure 3. Groundwater table contours (left), piezometric level contours (right), flow lines (solid lines with arrow), discharge areas (solid) and recharge areas (dashed)

۱۳۴۰۰ هکتار (۳۴۴ درصد) و ۵۶۰۰۰ هکتار (۱۱/۵ درصد) گسترش یافته‌اند.

لازم به ذکر است که نرخ متوسط جنگل‌زدایی در دوره دوم (از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲) ۳۰ درصد بیشتر از دوره اول است (۳۵۷۵ هکتار بر سال در برابر ۲۷۳۸ هکتار بر سال).

ماتریس تبدیل کاربری‌های اراضی در منطقه تغذیه لایه آزاد، منطقه تغذیه لایه تحت فشار و سطح آبخوان چندلایه به ترتیب در جداول ۳، ۴ و ۵ ارائه شده است. بزرگترین تبدیل در سطح کل منطقه از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۴، تبدیل جنگل به کشاورزی است. همچنین در دوره زمانی سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲، تبدیل جنگل و کشاورزی به مرتع در مناطق کوهستانی و تبدیل کشاورزی به مناطق غیرقابل نفوذ در دشت، غالب بوده است.

است. تغییر در مساحت زمین‌های کشاورزی و مراتع در دوره‌های زمانی مختلف یکسان نیست. به طوری که زمین‌های کشاورزی بین سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۸۴ افزایش یافته و از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲ تغییرات بالعکس است که می‌تواند به علت وقوع چند ترسالی قبل از سال ۱۳۸۴ و سپس خشکسالی‌های پی در پی بین سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ باشد [۱۸]. به طوری که در مقطع زمانی اول رشد زمین‌های زیرکشت را به دنبال داشته و در مقطع دوم باعث ایجاد زمین‌های بایر شده است. در هر حال مجموع جنگل‌ها و مراتع تخریب شده، به کشاورزی تغییر کاربری داده‌اند.

همه تغییرات گفته شده در منطقه تغذیه لایه آزاد و منطقه تغذیه لایه تحت فشار مشابه است. در طول کل ۳۰ سال مورد مطالعه، حدود ۷۲۲۰۰ هکتار (۱۲ درصد) از جنگل‌ها و مراتع تخریب شده است. علاوه بر این، مناطق غیرقابل نفوذ و کشاورزی به ترتیب

جدول ۲- مساحت کاربری‌های اراضی در محدوده‌های منطقه تغذیه لایه آزاد (الف)، منطقه تغذیه لایه تحت فشار (ب) و سطح آبخوان چندلایه (ج) در سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ (کیلومتر مربع)

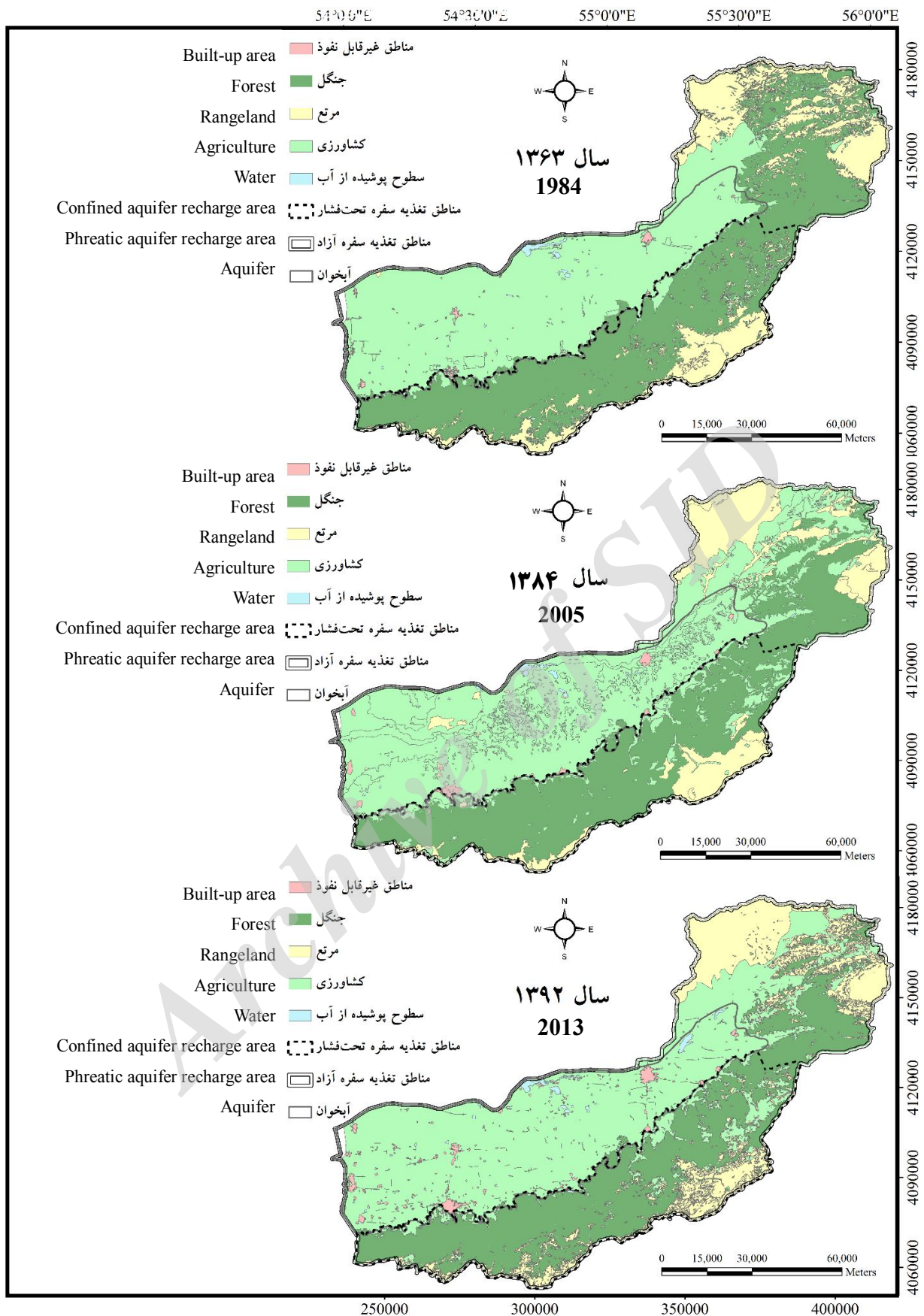
Table 2. Land uses areas of phreatic aquifer recharge area (A), confined aquifer recharge area (B) and multilayer aquifer area (C) in 1984, 2005 and 2013 (Km²)

سال	1363			1384			1392				
	Year			1984			2005			2013	
کاربری اراضی Land use	منطقه Region	الف A	ب B	پ C	الف A	ب B	پ C	الف A	ب B	پ C	
مناطق غیرقابل نفوذ	Built-up area	39	0	38	66	6	59	173	10	154	
جنگل	Forest	4285	2886	103	3710	2798	36	3424	2635	50	
مرتع	Rangeland	1912	758	3	1556	525	46	2051	728	0	
کشاورزی	Agriculture	4860	192	4184	5781	514	4199	5420	463	4099	
سطوح پوشیده از آب	Water	44	1	43	45	0	42	75	2	72	

جدول ۳- ماتریس تبدیل کاربری‌های مناطق غیرقابل نفوذ (BA)، جنگل (F)، مرتع (R)، کشاورزی (A) و سطوح پوشیده از آب (W) در محدوده منطقه تغذیه لایه آزاد در سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ (کیلومتر مربع)

Table 3. Transition matrix of different land uses (Built-up area (BA), Forest (F), Rangeland (R), Agriculture (A), Water (W)) within phreatic aquifer recharge area in 1984, 2005 and 2013 (Km²)

سال Year	To	۱۳۶۳-۱۳۸۴ 1984-2005					۱۳۸۴-۱۳۹۲ 2005-2013					۱۳۶۳-۱۳۹۲ 1984-2013				
		BA	F	R	A	W	BA	F	R	A	W	BA	F	R	A	W
First year	BA	22	0	1	17	0	45	2	0	19	0	36	0	0	3	0
	F	4	3291	206	782	1	3	3133	346	224	1	8	3338	211	725	2
	R	0	360	1234	317	0	5	62	1337	144	2	4	52	1814	41	0
	A	40	56	110	4630	22	121	226	367	5008	48	125	33	26	4636	40
	W	0	0	0	21	21	0	1	0	21	23	0	0	0	11	33



شکل ۳- نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲

Figure 5. Land use maps in 1984, 2005 and 2013

جدول ۴- ماتریس تبدیل کاربری‌های اراضی در محدوده منطقه تغذیه لایه تحت فشار در سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ (کیلومتر مربع)

Table 4. Transition matrix of different land uses within confined aquifer recharge area in 1984, 2005 and 2013 (Km²)

سال		۱۳۶۳-۱۳۸۴					۱۳۸۴-۱۳۹۲					۱۳۶۳-۱۳۹۲				
Year		1984-2005					2005-2013					1984-2013				
To		BA	F	R	A	W	BA	F	R	A	W	BA	F	R	A	W
First year	BA	0	0	0	0	0	1	2	0	3	0	0	0	0	0	0
	F	3	2530	54	300	0	2	2441	215	137	1	4	2572	31	278	1
	R	0	226	462	70	0	2	47	451	21	0	2	35	695	25	0
	A	3	40	5	144	0	6	144	62	301	1	4	27	1	159	0
	W	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

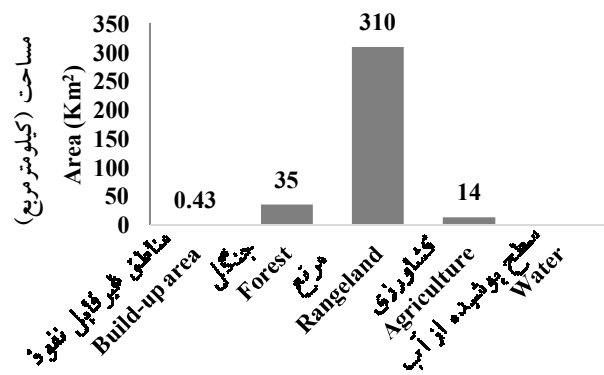
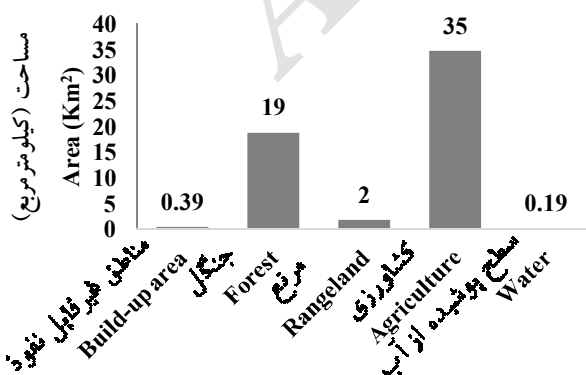
جدول ۵- ماتریس تبدیل کاربری‌های اراضی در محدوده سطح آبخوان چندلایه در سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ (کیلومتر مربع)

Table 5. Transition matrix of different land uses within multilayer aquifer area in 1984, 2005 and 2013 (Km²)

سال		۱۳۶۳-۱۳۸۴					۱۳۸۴-۱۳۹۲					۱۳۶۳-۱۳۹۲				
Year		1984-2005					2005-2013					1984-2013				
To		BA	F	R	A	W	BA	F	R	A	W	BA	F	R	A	W
First year	BA	22	0	1	16	0	44	0	0	16	0	36	0	0	3	0
	F	1	33	0	69	0	0	28	0	8	0	2	45	0	56	0
	R	0	0	0	3	0	1	0	0	43	2	0	0	0	3	0
	A	36	3	45	4076	21	109	21	0	4011	46	117	5	0	4022	39
	W	0	0	0	21	21	0	0	0	19	23	0	0	0	11	32

دوم در کاربری کشاورزی انجام شد. اما بر طبق نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۲، بیشتر زمین‌های کشاورزی و مراتع جنگل کاری شده به دلیل عدم محافظت به کاربری‌های دیگر تغییر کرد. شکل ۴ نشان می‌دهد که چگونه این تبدیل‌ها برای مراتع جنگل کاری شده (سمت راست) و کشاورزی جنگل کاری شده (سمت چپ) روی داده است. در نهایت به منظور برآورد تغذیه آب زیرزمینی به روش SCS،

بر اساس جدول ۳، در مجموع ۴۱۶۰۰ هکتار جنگل کاری از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۴ انجام شد (مجموع اعدادی که زیر آن خط کشیده شده است). میزان این جنگل کاری در منطقه تغذیه لایه تحت فشار حدود ۷ درصد و در منطقه تغذیه لایه آزاد بیش از ۴ درصد کل منطقه است و در سال‌های بعد نیز به ترتیب با نرخ ۵ و ۲/۵ درصد ادامه پیدا کرد. عملیات جنگل کاری در دوره زمانی اول اغلب در مراتع و در دوره



شکل ۴- میزان تبدیل مراتع (راست) و زمین‌های کشاورزی (چپ) جنگل کاری شده به کاربری‌های دیگر

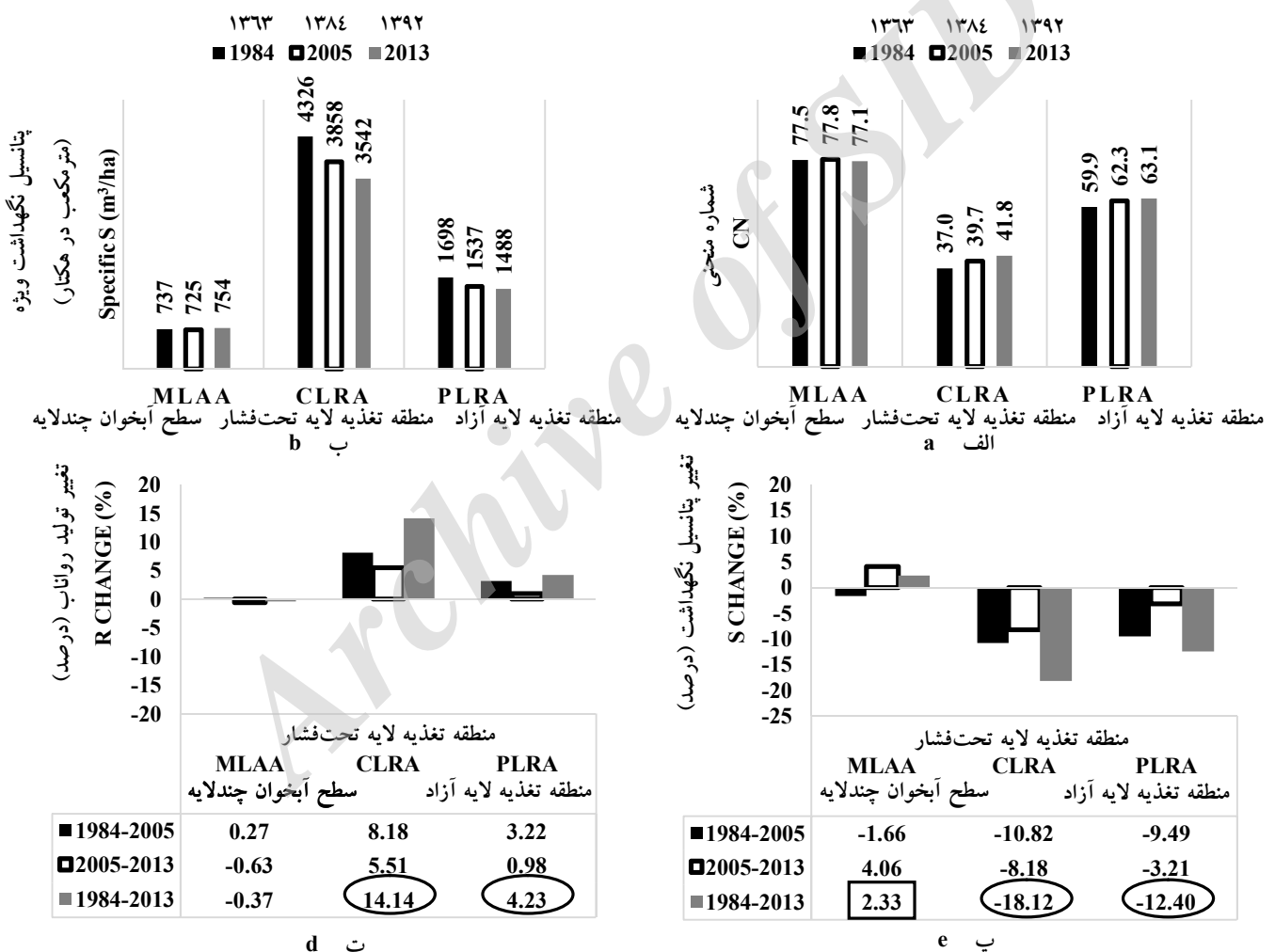
Figure 6. Conversion of forested rangelands (right) and forested agricultural lands (left) to other land uses

مقادیر CN برای هر کاربری و گروه هیدرولوژیک خاک، مطابق با آنچه در بخش مواد و روش‌ها گفته شد، محاسبه گردید (شکل ۵-الف). پس از آن کمیت S از رابطه ۱ به دست آمد و مقدار ویژه آن نیز با تقسیم آن بر مساحت محاسبه شد که در شکل ۵-ب ارائه شده است.

بر اساس مقادیر به دست آمده، تغذیه مستقیم آب زیرزمینی در سطح آبخوان تقریباً ثابت مانده است در حالی که لایه‌های تحت فشار و آزاد به ترتیب ۱۸/۱۲ و ۱۲/۴۰ درصد کمتر از ۳۰ سال قبل تغذیه می‌شوند (بیضی در شکل ۵-پ). همچنین تولید رواناب (R) در سطح منطقه تغذیه لایه تحت فشار و منطقه تغذیه لایه آزاد، به ترتیب از ۲۶۵ میلی‌متر به ۳۰۲ میلی‌متر و از ۳۸۴ میلی‌متر به ۴۰۰ میلی‌متر تغییر کرد و مقادیر ویژه R در این مناطق به ترتیب تا ۱۴/۱۴ و ۴/۲۳

درصد افزایش یافته است (بیضی در شکل ۵-ت). بنابراین تغییر کاربری اراضی، آب زیرزمینی را بیشتر از منابع آب سطحی و سفره تحت فشار را بیشتر از سفره آزاد تحت تاثیر قرار داده است که با نتایج کریمی راد و همکاران [۱۸] همخوانی دارد. لازم به ذکر است که نرخ تغییرات هر دو کمیت S و R در دوره زمانی دوم تقریباً دو برابر دوره اول است. به طوری که S از ۲۲- مترمکعب در هکتار در سال به ۳۹- مترمکعب در هکتار در سال و R از ۱۰ مترمکعب در هکتار در سال به ۲۰ مترمکعب در هکتار در سال تغییر کرده است.

نتایج نشان می‌دهد تغییرات کاربری اراضی تاثیر قابل توجهی بر منابع آب سطحی و زیرزمینی استان گلستان داشته است که نتایج هراث و دوتا [۱۵] را تایید می‌کند. میزان شهرسازی در کل منطقه و در طول دوره زمانی ۲۹ ساله، در مقایسه با مطالعه ویجسکارا و همکاران [۴۰]



شکل ۵- نتایج روش SCS شامل: الف) مقادیر شماره منحنی، ب) مقادیر پتانسیل نگهداشت ویژه، پ) تغییرات پتانسیل نگهداشت و ت) تغییرات تولید رواناب در محدوده‌های سطح آبخوان چندلایه، منطقه تغذیه لایه تحت فشار و منطقه تغذیه لایه آزاد در دوره‌های مختلف زمانی

Figure 7. SCS method results including: a) CN values, b) specific S, c) S changes and d) R changes within multilayer aquifer area (MLAA), confined aquifer recharge area (CLRA), phreatic aquifer recharge area (PLRA) in different periods of time

که در حوضه آبریز رودخانه البوا واقع در ایالات متحده و در طول مدت یکسانی انجام شده است، حدود ۸ برابر است. از سوی دیگر جنگل‌زدایی در منطقه مورد مطالعه، کمتر از میزان گزارش شده توسط ویجسکارا و همکاران [۳۹] است. بر طبق نتایج، به ترتیب حدود ۳ و ۵ واحد به مقدار CN در منطقه تغذیه لایه آزاد و لایه تحت فشار اضافه شده است. این میزان تغییرات بیش از نتایج مصطفی و همکاران [۳۱] بوده و تقریباً برابر مقادیر گزارش شده توسط یان و ادواردز [۴۰] است. بر این اساس، در هر دو دوره تغییر کاربری موجب کاهش تغذیه مستقیم آب زیرزمینی در منطقه تغذیه لایه تحت فشار و منطقه تغذیه لایه آزاد شده است که با نتایج ویجسکارا و همکاران [۳۹]، بیکر و میلر [۴]، میسرا و همکاران [۲۷] و ژانگ و همکاران [۴۲] مطابقت دارد. لازم به ذکر است که میزان کاهش تغذیه در دوره زمانی اول بیشتر بوده است. رواناب کل در منطقه تغذیه لایه تحت فشار که مقدار قابل توجهی تخریب جنگل و مرتع در آن رخ داده است، افزایش داشته که با گرمر و همکاران [۱۳]، نیه و همکاران [۳۲]، ویجسکارا و همکاران [۳۹]، ساجیکومار و رمیا [۳۵] و لین و همکاران [۲۴] هماهنگی کامل دارد. بر طبق مطالعات کاتو و همکاران [۲۰] افزایش زمین‌های کشاورزی در سطح آبخوان با برداشت بیشتر برای آبیاری مزارع، افت سطح آب زیرزمینی را به خصوص در سفره تحت فشار، تشدید کرده و از سوی دیگر به تغذیه مستقیم و غیرمستقیم لایه آزاد کمک می‌کند [۳۷]. به عبارت دیگر وجود زمین‌های کشاورزی در سطح آبخوان، عاملی برای برداشت بیشتر از سفره تحت فشار و تغذیه سفره آزاد محسوب می‌شود که در منطقه مورد مطالعه سهم این کاربری در دشت، ۹۳/۷ درصد است. تغییر کاربری گسترده‌ای در سطح آبخوان چندلایه مشاهده نشد و تنها، سطح پوشیده از آب که با احداث سدهای مخزنی در منطقه ایجاد شده، باعث اندکی افزایش (۲/۳۳ درصد) در تغذیه آبخوان شده است (مستطیل در شکل ۷-پ). در مجموع، تغییر کاربری اراضی، تغذیه آب زیرزمینی را بیش از تولید رواناب تحت تاثیر قرار داده است که عکس نتایج ویجسکارا و همکاران [۳۹] است. علت این تفاوت می‌تواند کمتر بودن نسبت سطح آبخوان به کل حوضه آبریز در منطقه مطالعاتی ایشان باشد؛ به طوری که آبخوان مطالعه شده توسط ایشان حدود ۵ درصد سطح حوضه را در برمی‌گیرد و این نسبت در مقاله حاضر، ۳۵ درصد است.

بحث و نتیجه‌گیری

عدم وجود روند معنادار در سری زمانی بارش می‌تواند اثر منفی فعالیت‌های انسانی را که موجب افت سطح پیرومتریک سفره تحت فشار شده اثبات کند. این شرایط، ضرورت مدیریت مصرف این بخش از منابع آب زیرزمینی را به منظور جلوگیری از وضعیت بحرانی غیرقابل بازگشت دشت به دلیل نشست را ضروری ساخته است. لازم به ذکر است که افت سطح سفره آزاد در طول ۳۰ سال آمار مطالعه شده، قابل صرف نظر بوده است.

1- Elbow

تغییر کاربری تاثیرات مثبت و منفی بر لایه آزاد آبخوان داشته است؛ زیرا این تغییر کاربری از یک سو باعث افزایش برداشت از این لایه شده و از سوی دیگر آب برگشتی مزارع و نفوذ از مخازن سدها باعث تغذیه آن می‌شود. در کنار تغییر کاربری اراضی به کشاورزی، عدم رعایت الگوی کشت مناسب و برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی در زمین‌های کشاورزی موجود نیز موجب تشدید افت آبخوان می‌شود که به دلیل نبود آمار پیوسته از مقادیر مربوطه و نیز عدم اطلاع از میزان برداشت از چاه‌های غیرمجاز و اضافه برداشت از چاه‌های مجاز، بررسی میزان اثر آن امکان‌پذیر نیست. از نظر کیفیت نیز پیشروی آب شور فسیلی از مرزهای شمال غربی، این لایه را تهدید می‌کند. چاه‌های کشاورزی از سفره تحت فشار نیز برداشت می‌کنند از سوی دیگر این سفره با مشکل پیشروی آب شور دریای خزر روبرو است. همچنین افت ناشی از مصرف خانگی در اطراف شهرهای گرگان و گنبد، مشخص است.

در مجموع جنگل‌زدایی مناطق کوهستانی و تغییر کاربری آن به کشاورزی و شهرسازی در محدوده دشت مهمترین مسئله استان گلستان از لحاظ تغییر کاربری اراضی محسوب می‌شود زیرا نرخ جنگل‌زدایی در سال‌های گذشته افزایشی بوده و مساحت مناطق مسکونی نیز بیش از چهار برابر شده است. همچنین جنگل‌کاری قابل ملاحظه در منطقه نشان‌دهنده انجام اقدامات گسترده آبخیزداری است که عدم حفاظت و نگهداری مناسب باعث تخریب آن شده است.

در پایان می‌توان گفت مجموع تغییرات کاربری اراضی در سطح آبخوان چندلایه تاثیری بر تغذیه مستقیم آبخوان نداشته ولی لایه‌های آزاد و تحت فشار به طور قابل توجهی، کمتر از ۳۰ سال قبل تغذیه می‌شوند. همچنین تولید رواناب در مناطق تغذیه لایه‌های تحت فشار آزاد افزایش یافته است. در مجموع تاثیر تغییر کاربری اراضی بر تغذیه آب زیرزمینی بیشتر بوده و سفره تحت فشار نیز بیشتر تحت تاثیر قرار گرفته است. دلیل این موضوع، عدم امکان تغذیه غیرمستقیم لایه تحت فشار با آب برگشتی مزارع، ارزیابی می‌شود. این عدم تغذیه کافی از بازیابی سفره تحت فشار جلوگیری نموده و باعث افت تجمعی در آن می‌شود

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از دانشگاه تهران و شرکت آب منطقه‌ای گلستان که امکانات و داده‌های لازم جهت انجام این تحقیق و تهیه مقالات مربوطه را تامین کردند، تشکر می‌شود.

منابع

1. Adamat, AL., Foster RAN. and Baban SMJ. 2003. Groundwater vulnerability and risk mapping for the basaltic aquifer of the Azraq basin of Jordan using GIS, remote sensing and DRASTIC. Applied Geography. 23: 303-324.
2. Ali, M., Khan, SJ., Aslam, I. and Khan, Z. 2011. Simulation of the impacts of land-use change on surface

hydrological processes: undisturbed forest to pasture. *Hydrology*. 380(3): 473-480.

14. Habets, F., Viennot, P., Thierion, C., Vergnes, J., Ait-Kaci, H., Caballero, Y., Ackerer, P., Amraoui, N., Augéard, B., Besson, F., De Dreuzy, JR., Longuevergne, L., Martin, E., Morel, T., Regimbeau, F., Thiery, D. and Soubeyroux, JM. 2015. Combined effect of climate change and groundwater abstraction on multi-layer and alluvial aquifers in France. *Our Common Future under Climate Change (CFCC) Conference: International scientific conference*.

15. Herath, S. and Dutta, D. 1996. Effect of landuse derivation strategies from remote sensing data on hydrologic modeling [online] <http://GISdevelopment.net/AARS/ACRS> (accessed 29 May 2014).

16. Kankash-Omran, Consulting Engineers Co. 2009. Updating Report on Combination the Water Resources Studies of Gharesoo and Gorganrood Rivers Drainage Basin. Pp. 10, 17, 29, 40 and 178. (In Persian)

17. Kankash-Omran Consulting Engineers Co. 2013. Updating report on water balance of gharesoo and gorganrood rivers drainage basin. (In Persian)

18. Karimirad, I., Ebrahimi, K. and Araghinejad, S. 2016. Investigation of Climate Variability Impacts on Multilayer Aquifers (Case Study: Gorgan Plain). *Journal of Water and Irrigation Management*. 5(2): 261-275. (In Persian)

19. Karimirad, I., Ebrahimi, K. and Araghinejad, S. 2017. Impact of land-use change on a multilayer aquifer in south-eastern coast of Caspian Sea, Proceeding of 10th World Congress on Water Resources and Environment., «Panta Rhei», Greece.

20. Kato, H., Elbeih, S., Iwasaki, E., Sefelnasr, A., Shalaby, A., Zaghoul, E., Kumakura, W., Ueda, A., Kumar, R., Punia, M. and Semedi, P. 2014. The relationship between groundwater, landuse, and demography in Dakhla oasis, Egypt. *Asian Network for GIS-based Historical Studies*. 3: 10.

21. Kavian, A. and Rezaei-Pasha, M. 2011. Study on the effect of land use changes on soil degradation in northern Iran (case study: Kasilian watershed). *Iran-Watershed Management Science & Engineering*. 5(15): 35-44. (In Persian)

22. Kumar, DS., Arya, DS. And Vojinovic, Z. 2013. Modeling of urban growth dynamics and its impact on surface runoff characteristics. *Computers, Environment and Urban Systems*. 41: 124-135.

runoff of Lai Nullah Basin in Islamabad, Pakistan. *Landscape and Urban Planning*. 102(4): 271-279.

3. Azari, M., Reveshty, MA., Kamelifar, MJ. And Ranjbarnia, B. 2011. Land use change detection of Maragheh city and its implication for agricultural area and the orchards by using the multi-temporal satellite imagery. *Civil Engineering and Urbanism*. 2(4): 154-158.

4. Baker, TJ. And Miller, SN. 2013. Using the soil and water assessment tool (SWAT) to assess land use impact on water resources in an East African watershed. *Hydrology*. 486: 100-111.

5. Bakker, M. 1999. Simulating groundwater flow in multi-aquifer systems with analytical and numerical Dupuit-models. *Hydrology*. 222(1): 55-64.

6. Bouwer, H. 1977. Land Subsidence and Cracking Due to Ground Water Depletion. *Groundwater*. 15(5): 358-364.

7. Cheng, AH. 2000. *Multilayered aquifer Systems: fundamentals and applications*. CRC Press, 169 p.

8. Cronshey, R., McCuen, R., Miller, N., Rawls, W., Robbins, S. and Woodward, D. 1986. *Urban hydrology for small watersheds—TR-55*: US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Engineering Division, Technical Release. 55: 164.

9. Elfert, S. and Bormann, H. 2010. Simulated impact of past and possible future land use changes on the hydrological response of the Northern German lowland 'Hunte' catchment. *Hydrology*. 383(3): 245-255.

10. Emam, AR., Kappas, M., Akhavan, S., Hosseini, SZ. And Abbaspour, KC. 2015. Estimation of groundwater recharge and its relation to land degradation: case study of a semi-arid river basin in Iran. *Environmental Earth Sciences*. 74(9): 6791-6803.

11. Garnero, G. and Godone, D. 2013. Comparisons between different interpolation techniques. *Proceedings of the international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, XL-5 W. 3*: 27-28.

12. Gebresamuel, G., Singh, BR. And Dick, Ø. 2010. Land-use changes and their impacts on soil degradation and surface runoff of two catchments of Northern Ethiopia. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B—Soil and Plant Science*. 60(3): 211-226.

13. Germer, S., Neill, C., Krusche, AV. And Elsenbeer, H. 2010. Influence of land-use change on near-surface

- Shastkalate watershed, Golestan Province. *Water and Soil Conservation*. 22(4): 139-153. (In Persian)
34. Pandian, M., Rajagopal, N., Sakthivel, G. and Amrutha, DE. 2014. Land use and land cover change detection using remote sensing and GIS in parts of Coimbatore and Tiruppur districts, Tamil Nadu, India. *International Journal of Remote Sensing & Geoscience*. 3(1): 15–20.
35. Sajikumar, N. and Remya, RS. 2015. Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. *Environmental Management*. 161: 460-468.
36. Salmani, H., Mohseni, SM., Rouhani, H. and Salajegheh, A. 2012. Evaluation of land use change and its impact on the hydrological process in the Ghazaghli watershed, Golestan province. *Watershed Management Research*. 3(6): 43-60. (In Persian)
37. Singh, S., Singh, C. and Mukherjee, S. 2010. Impact of land-use and land-cover change on groundwater quality in the Lower Shiwalik hills: a remote sensing and GIS based approach. *Open Geosciences*. 2(2): 124-131.
38. Stigter, TY., Nunes, JP., Pisani, B., Fakir, Y., Hugman, R., Li, Y., Tome, S., Ribeiro, L., Samper, J., Oliveira, R., Monteiro, JP., Silva, A., Tavares, PCF., Shapouri, M., Cancela da Fonseca, L. and El Himer, H. 2014. Comparative assessment of climate change and its impacts on three coastal aquifers in the Mediterranean. *Regional Environmental Change*. 14(1): 41-56.
39. Stuyt, LCPM., Dierickx, W. and Beltrán, JM. 2005. Materials for subsurface land drainage systems. *Food & Agriculture Organization* (No. 60).
40. Wijesekara, GN., Gupta, A., Valeo, C., Hasbani, JG., Qiao, Y., Delaney, P. and Marceau, DJ. 2012. Assessing the impact of future land-use changes on hydrological processes in the Elbow River watershed in southern Alberta, Canada. *Hydrology*. 412: 220-232.
41. Yan, H. and Edwards, FG. 2012. Effects of land use change on hydrologic response at a watershed scale, Arkansas. *Hydrologic Engineering*. 18(12): 1779-1785.
42. Zhang, L., Nan, Z., Xu, Y. and Li, S. 2016. Hydrological impacts of land use change and climate variability in the headwater region of the Heihe river basin, Northwest China. *PloS one*. 11(6): e0158394.
43. Zhou, Y. and Li, W. 2011. A review of regional groundwater flow modeling. *Geoscience Frontiers*. 2(2): 205-214.
23. Lebbe, L. 1995. Land subsidence due to groundwater withdrawal from the semi-confined aquifers of southwestern Flanders. *IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-International Association of Hydrological Sciences*. 234: 47-54.
24. Lin, B., Chen, X., Yao, H., Chen, Y., Liu, M., Gao, L. and James, A. 2015. Analyses of landuse change impacts on catchment runoff using different time indicators based on SWAT model. *Ecological Indicators*. 58: 55-63.
25. Mann, HB. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*. Pp. 245-259.
26. Mishra, N., Khare, D., Gupta, K. and Shukla, R. 2014. Impact of land-use change on groundwater—a review. *Advances in Water Resource and Protection*, 2: 28-41.
27. Mishra, N., Khare, D. and Kumar, S. 2015. Impact of land use change on groundwater in Upper Ganga Canal Command. *International Journal of Applied Engineering Research*. 10(33): 24284-24288.
28. Mohammadi, M., Sheikh, VB. and Sadoddin, A. 2016. Modeling the effects of land use changes on flood hydrograph (A case study: Ja'farabad watershed, Golestan province). *Water and Soil Conservation*. 22(5): 171-185. (In Persian)
29. Mortezaei-Frizhandi, G. and Kohandel, A. (2015). Evaluation of the impact of land use changes on groundwater resources using satellite imagery (case study: Chaharmahal and Bakhtiari). *Iran-Watershed Management Science & Engineering*. 9(31): 1-9. (In Persian)
30. Mostafazadeh, R. and Sheikh, V. 2012. Rain-gauge density assessment in Golestan province using spatial correlation technique. *Watershed Research*. 24(4): 79-87. (In Persian)
31. Mustafa, YM., Amin, MSM., Lee, TS. And Shariff, ARM. 2012. Evaluation of land development impact on a tropical watershed hydrology using remote sensing and GIS. *Spatial Hydrology*. 5(2): 16-30.
32. Nie, W., Yuan, Y., Kepner, W., Nash, MS., Jackson, M. and Erickson, C. 2011. Assessing impacts of landuse and landcover changes on hydrology for the upper San Pedro watershed. *Hydrology*. 407(1): 105-114.
33. Norouzi-Mahiari, R., Kiani, F. and Habashi, H. 2015. Study on the effect of forest, afforested and disturbed forest using natural rainfall on infiltration, runoff and sediment in