نشریه شمـاره 10، پاییز و زمستان 1396، صفحات 98-87

نشریه مدیریت بیابـان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

بررسی تأثیر جنگل‌های تاغ دست‌کاشت دشت یزد-اردکان بر منابع آب زیرزمینی

اصغر زارع چاهوکی[1*]، فاطمه برزگری[2]، علی زارع[3]

1. دانش‌آموختهٔ دکتری آبخیزداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
2. استادیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه پیام نور، یزد، ایران.
3. کارشناس ارشد ادارهٔ کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان یزد، یزد، ایران.

* نویسنده مسئول: zare.chahouki@gmail.com

تاریخ دریافت: 1396/04/21 **تاریخ پذیرش**: 1396/10/20

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آبی، افزایش روزافزون نیاز به این منابع و نیز تأثیر تغییرات اقلیم بر منابع آبی، مدیریت بهینه و استفادهٔ کارآمد از آن‌ها امری ضروری است. لازمهٔ دستیابی به مدیریت بهینه، استفاده از برنامه‌ریزی مناسب منابع آبی می‌باشد. از ابتدایی‌ترین موارد برنامه‌ریزی منابع آبی، محاسبهٔ دقیق اجزای بیلان آب است. هدف از پژوهش حاضر که در محدودهٔ حوزهٔ آبخیز دشت یزد-اردکان انجام گرفت، بررسی تأثیر جنگل‌های دست‌کاشت تاغ بر منابع آب زیرزمینی است. در آغاز با بهره‌گیری از تصاویر Google Earth و نرم‌افزار JMicroVision، تعداد پایه‌های تاغ موجود در این جنگل‌ها مورد شمارش قرارگرفت. سپس با استفاده از حداقل نیاز آبی (2/4 متر مکعب در سال) برای هر پایه تاغ که بر پایهٔ بررسی های لایسیمتری موجود بود، تعداد پایه‌های تاغ مازاد بر بارندگی منطقه و نیاز آبی آن‌ها محاسبه شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار GMS 8.3 و مدل مادفلو، وضعیت بیلان آب زیرزمینی دشت یزد-اردکان محاسبه شد؛ با واسنجی مدل مذکور، ضریب ذخیرهٔ آبخوان مورد نظر به‌دست آمد. سپس با داشتن حجم آب مصرفی تاغ‌های مازاد بر ظرفیت اقلیمی منطقه، بیلان آبی و ضریب ذخیرهٔ آبخوان، تأثیر جنگل‌های تاغ بر آب زیرزمینی دشت یزد ـ اردکان محاسبه شد. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت که تعداد 4423640 تاغ در دشت یزد ـ اردکان وجود دارد. بر اساس نتایج حاصل از بیلان آبی، آبخوان زیرزمینی به‌طور متوسط با 56 میلیون مترمکعب کسری حجم مخزن سالانه روبروست. میزان برداشت آب از منابع آب زیرزمینی توسط تاغزارهای دشت یزد ـ اردکان 1/614 میلیون مترمکعب در سال است. البته اثرات مثبت تاغکاری‌های موجود در رابطه با کاهش خسارت طوفان‌های گرد و غبار در مقابل مصرف این حجم آبی را نباید نادیده گرفت. نتایج پژوهش حاضر برای مدیریت منابع و مصرف آب جنگل‌های دست کاشت قابل استفاده می‌باشد.

واژگان کلیدی: مناطق خشک؛ آب زیرزمینی؛ بیلان آب؛ جنگل‌کاری؛ استان یزد

n مقدمه

در جهان امروز، آب ابزار اقتصادی مهمی به‌شمار می‌رود و افزایش تقاضا برای آب، کاهش آب قابل‌دسترس و کیفیت نامناسب آب از جمله مواردی است که مدیران و دست اندرکاران عرضهٔ آب سالم را به چالش کشانده و بحران‌های جدی به‌وجود آورده است (15). از آنجا که زندگی در

Archive of SID

www.SID.ir

مناطق خشک و نیمه‌خشک با شدت بیشتری به منابع آبی موجود وابسته است، بررسی و مدیریت بحران آب در این مناطق از مسائل حیاتی به‌شمار می‌رود. مناطق خشک و نیمه‌خشک حدود یک‌سوم سطح زمین را به خود اختصاص می‌دهند (1 و 10). بادشکن‌های زنده و جنگل‌های دست‌کاشت از جمله اقداماتی است که در دهه‌های اخیر در راستای بیابان‌زدایی و کاهش خسارت‌های طوفان، در این مناطق صورت گرفته است. بررسی تأثیر حضور متراکم جامعهٔ گیاهی بر منابع آبی موجود و محدود کویر، از جمله مسائل مهم در مبحث مدیریت منابع آبی است. از جمله گیاهان مورد استفاده در بیابان‌زدایی، گونه‌های مختلف جنس تاغ است که به دلیل برخورداری از شرایط مناسب ساختاری و سیستم ریشه‌ای مناسب، قادر به استفاده از منابع آب زیرزمینی‌ست (4).

تاغ گونه‌ای فراتوفیت از خانوادهٔ اسفناجیان (*Chenopodiaceae*) است که در مناطق خشک و بیابانی به‌ویژه تپه‌های ماسه‌ای، رویش دارد. وسعت پراکنش این گونهٔ گیاهی به‌صورت دست کاشت و طبیعی در فلات مرکزی ایران شامل دشت لوت، استان‌های خراسان، کرمان، سیستان و بلوچستان و مناطق کویری است. گیاه تاغ گیاهی مقاوم بوده که در سخت‌ترین شرایط مناطق خشک و بیابانی مستقر می‌شود. توانایی در جذب رطوبت اندک خاک و هوا، تحمل دماهای بسیار بالا و بسیار پایین محیط، تحمل نور شدید آفتاب، توانایی جذب مواد غذایی از خاک های فقیر و بسیار فقیر از ویژگی‌های بارز این گیاه است (4). وجود ویژگی‌های گفته‌شده باعث شده است که از گونه های مختلف آن از سال 1340 تاکنون به‌عنوان مهم‌ترین گیاه برای مبارزه بیولوژیک با پدیدهٔ فرسایش بادی استفاده شود. در نهایت سازگاری بالای تاغ به اقلیم منطقه و نتایج مثبت تاغ‌کاری‌ها، باعث توجه روزافزون به استفاده از این گیاه در پروژه‌های مقابله با بیابان‌زایی از طریق کنترل بیولوژیک شده است (21). این گیاه دارای دو گونهٔ عمده به نام‌های سیاه تاغ (*Haloxylon aphyllum*) و سفید تاغ (*Haloxylon persicum*) بوده که با دارا بودن ویژگی‌های گفته‌شده سازگاری بسیاری زیادی به شرایط نامساعد محیطی از خود نشان داده‌اند (4).

بررسی‌ها نشان می‌دهد پراکنش این گونه، به‌شدت تحت تأثیر اقلیم، شوری و نوسانات سطح سفره‌های آب زیرزمینی است (2). علاوه بر حضور طبیعی این گونه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، افزایش انسان‌ساز نیز داشته است؛ به این صورت که به‌دلیل افزایش جمعیت و توسعهٔ شهرها در این مناطق و نیز مشکلات و دشواری‌های طبیعی، دخل و تصرف انسان در زیست‌گاه‌های طبیعی به‌منظور زندگی بهتر، آغاز شده است، به‌طوری‌که به‌منظور کنار آمدن با مشکلاتی نظیر فرسایش بادی و رسوبات حاصل از آن، اقداماتی جهت تثبیت بیولوژیک ماسه‌های روان انجام داده است که از جملهٔ آن می‌توان به ایجاد جنگل‌های دست‌کاشت تاغ اشاره کرد. البته شایان ذکر است که وفور حضور این گونه موجب ایجاد مسائلی نظیر کاهش مداوم سطح آب زیرزمینی و ظهور جوندگان مزاحم است (24). بررسی‌ها نشان می‌دهد تاغ به‌طور کامل یا تاحدودی (بسته به شرایط اقلیمی و سطح سفره‌های آب زیرزمینی) از آب‌های زیرزمینی استفاده می‌کند (26) و برخلاف اینکه این گونه گونه‌ای گزروفیت یا خشکی‌زی تلقی شده است، در بسیاری موارد گونه‌ای هیدروهالوفیت یا نم شورپسند است که از مقاومت زیادی در مقابل خشکی برخوردار است (5). درک و پذیرش تأثیر تاغ بر منابع آبی محدود موجود در مناطق خشک و نیمه‌خشک که متقاضیان روزافزونی دارد، به مدیریت بهتر منابع آبی و بقای اکوسیستم‌های طبیعی و جوامع انسانی در آینده کمک خواهد کرد. افزایش سطوح کشاورزی و کاهش بارندگی در دههٔ اخیر نقش و اهمیت آب را برای دشت یزد-اردکان بیش از پیش برجسته و در کانون توجه محققان و مدیران استان قرار داده است. در سی سال گذشته این دشت تحت عناوین مختلف از جمله کمربند سبز، بیابان‌زدایی، تثبیت ماسه‌های روان و ... شاهد کاشت و توسعهٔ انواع جنس‌های درختچهٔ تاغ بوده است و گسترهٔ وسیعی را در استان به مساحت 42315 هکتار در برگرفته است.

منابع بسیاری به بررسی نقش تبخیر و تعرق جوامع گیاهی فراتوفیت‌ها بر عمق سفرهٔ آب زیرزمینی پرداخته‌اند (3، 6، 11، 16، 20). محاسبهٔ مقدار تولید به‌ازای مصرف هر واحد آب نشان داده که هر اصلهٔ درخت بالغ سیاه تاغ

Archive of SID

www.SID.ir

برای رشد مطلوب به‌طور میانگین سالانه به 2/4 متر مکعب آب نیاز دارد (18).

تاکنون بررسی‌های زیادی در زمینهٔ تأثیر تبخیر و تعرق بر کاهش سطح سفره‌های آبی انجام شده است؛ دلیل این تنوع، دشواری اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به این پدیده است (8). بررسی منابع موجود نشان می‌دهد از سال 1950 تا 1980، پژوهش زیادی بر روی اندازه‌گیری هدررفت آب موئینه از سطح سفره‌های آبی تمرکز داشته‌اند (23 و 25) و از سال 1980 به بعد به مطالعهٔ تبخیر و تعرق، به‌عنوان یک مولفهٔ هدررفت آب‌های زیرزمینی پرداخته شده است (24). در رابطه با رشد بوتهٔ تاغ و رابطهٔ آن با تغییرات سطح آب زیرزمینی در شرایط مقدار شن و ماسهٔ ثابت، مطالعه‌ای در منطقهٔ خشک و نیمه‌خشک چین انجام شد. نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش رشد تاغ میزان آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. دلیل این امر افزایش عمق ریشه و مجهزشدن تاغ به شرایط بهتر برای جذب آب زیرزمینی است (11). در پژوهشی دیگر در موسسهٔ تحقیقات کویر و ایستگاه آزمایشی منطقهٔ خشک و سرد منطقهٔ شاجینگز چین، تأثیر محتوای آب خاک بر تاغ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که محتوای آب خاک عامل مهم محیطی بر تاغ است. به‌طوری‌که محتوای آب خاک کمتر از 0,824% در ماسه‌بادی، باعث ازبین‌رفتن تاغ می‌شود، همچنین پس از کشت تاغ با گذشت زمان مصرف آب توسط تاغ افزایش می‌یابد (12). مقدار مصرف آب موجود در خاک در طول 5 سال در تاغزارهای منطقهٔ مین‌چین واقع در شمال غرب چین طی پژوهشی مورد بررسی قرار گرفته است. دربررسی مذکور، رطوبت خاک در 6 عمق مورد ارزیابی قرارگرفت و نتایج نشان داد که پس از گذشت این مدت زمان، سطح آب زیرزمینی به مقدار 150-200 سانتی‌متر کاهش یافته است، مصرف بیش‌ازحد آب خاک و تراکم زیاد تاغ به‌عنوان دلایل این کاهش معرفی شده‌اند (28).

نتایج بررسی دیگری در تاغ زارهای کشور ترکمنستان با بارندگی متوسط سالانه حدود 195 میلی متر نشان می‌دهد که جنگل‌های تاغ موجود، علاوه بر تامین نیاز آبی برای تبخیر و تعرق، بخش قابل توجهی (حدود 30 درصد) از نیازهای آبی خود را از منابع زیرزمینی تامین می‌کنند. بر همین اساس اگر باران خالص (نفوذ یافته) منطقه‌ای کمتر از 120 میلی‌متر باشد تاغ‌زارها کمبود آب مورد نیاز خود را از منابع زیرزمینی می‌گیرند. قطعاً این مقدار نیاز آبی در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر، از جمله ایران بیش از این مقدار است (21). تاغزارهای دست‌کاشت در مناطقی از رشد مناسب‌تری برخوردارند که حداقل بارندگی آن‌ها 120 میلی‌متر در سال و انبوهی آن ها از 200 اصله در هکتار کمتر باشند. تاغ زارهای طبیعی حاشیهٔ کویر زرین در یزد و بخشی از تاغ زارهای دست کاشت اطراف سبزوار و کرمان از جمله این مناطق می‌باشند. در صورت کمتر بودن منابع آبی قابل دسترس از 120 میلی‌متر باران خالص در سال تراکم پوشش گیاهی نیز کاهش می‌یابد. گونه‌های دیگری از جمله سمر (*Prosopis juliflora*) نیز دارای نیاز آبی مشابه تاغ است. این گیاه نیز متکی به منابع آب زیرزمینی است و زمانی می‌تواند در عملیات تثبیت ماسه‌های روان مؤثر باشد که منابع آبی معادل 200 میلی‌متر باران خالص در دسترس داشته باشد یا کمبود آن را از سفره های آب زیرزمینی برداشت کند. این شرایط با دامنهٔ متفاوت برای بسیاری از گونه‌های خشک‌زی و ماسه‌دوست مناطق خشک صادق است (22). پژوهش‌های انجام‌شده در شوروی سابق در زمینهٔ سهم مشارکت آب‌های زیرزمینی در تامین نیاز آبی گیاهان مستقر در مناطق خشک و به‌ویژه در ماسه‌زارها نشان می‌دهد که سالانه مقادیر قابل‌توجهی از آب مورد نیاز گیاهان از طریق مکش‌های طبیعی آب توسط ریشه از منابع آب زیرزمینی تامین می‌شود. براساس نتایج این بررسی مقدار مصرف آب از طریق این سازوکار برای جنگل‌های سیاه تاغ بین 1000-1200 متر مکعب در سال و این گونهٔ گیاهی قادر است از آب زیرزمینی موجود در عمق 16-14 متری زمین به‌خوبی استفاده کند (7).

نرم‌افزار JMicroVision [1] ابزاری برای اندازه‌گیری و طبقه‌بندی پدیده‌های موجود در تصاویر است. این نرم‌افزار

1 -https://www.jmicrovision.com/resources.htm

Archive of SID

www.SID.ir

قدرتمند قابلیت پوشش تصاویر بزرگ (بیش از 1 گیگابایت) را نیز دارد. ابزارهـای موجود در نرم‌افزار امکـانـاتی نظیر بزرگ‌نمایی و بهبود قدرت تفکیک پدیده‌ها را برای کاربران فراهم می‌سازد و مانند یک میکروسکوپ با ایجاد حالت‌های مختلف روشنایی، یک نظارت پویا را برای تصاویر و پدیده‌ها ایجاد می‌کند (26).

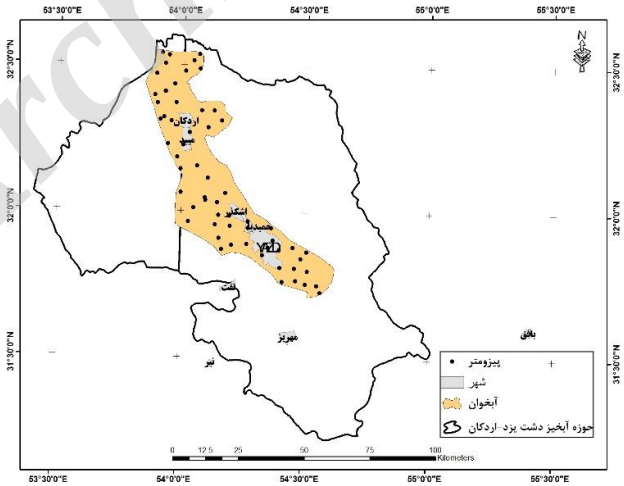
بررسـی وضـعیت منابع آب زیرزمینی، توسط مدل‌های آمـاری و عـددی انجام می‌شـود. در بین مدل‌های عددی، مدل مادفلو به دلیل شـبیه‌سـازی مناسـب و توانایی قابل اطمینـان در پیش‌بینی و تفکیـک مقـدار تغـذیـهٔ آبخوان، کـاربرد قابل‌توجهی در بررسـی آب‌های زیرزمینی دارد. از جملـه کـاربردهای مادفلو می‌توان مطالعات مربوط به بیلان آب زیرزمینی را برشمرد. اطلاعات مورد نیاز برای انجام این مـدل عبـارتند از: توپوگرافی سـطح زمین، توپوگرافی کف آبـخـوان، تـعریف شـرایط مرزی آبخوان، پـارامترهـای هیدرولیکی سـفره، چاه‌های بهره‌برداری، اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای، اطلاعات مربوط به تغذیهٔ آبخوان، تعیین مقادیر تبخیر و تعرق آبخوان (16).

با توجه به گستردگی کشت تاغ در مناطق بیابانی استان یزد و نیز بررسی‌های قبلی مبتنی بر توان فوق العادهٔ تاغ، در مکش و اسـتفاده از آب‌های زیرزمینی و بخار آب موجود در فضای خاک، پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش تاغزارهای دسـت کاشـت استان یزد در افزایش تبخیر و تعرق از سطح آبخوان زیرزمینی دشت یزد ـ اردکان انجام شد. در راستای انجام این پژوهش، سـعی شد تا ضمن ارائه شرح مناسبی از بیلان آب زیرزمینی توسـط مدل‌سـازی ریاضـی آبخوان، میزان برداشـت تاغ از سـفرهٔ آب زیرزمینی منطقه به‌صورت یکی از اجزای بیلان آبی مطرح شود.

n مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

حوزهٔ آبخیز یزد-اردکـان بـا مسـاحـت 11666/7 کیلومترمربع در موقعیت زون ایران مرکزی و شمال استان یزد در محدودهٔ جغرافیایی '30 °53 تا °55 طول شرقی و '15 °31 تا '30 °32 عرض شـمالی واقع شـده اسـت. موقعیـت کلی منطقـه در شـکل 1 دیده می‌شـود. این محدوده شامل شهرستان‌های یزد، میبد، اردکان و صدوق اسـت. متوسط بارندگی منطقه کمتر از 60 میلی‌متر (27) و منبع اصلی تامین آب مورد نیاز جمعیت ساکن، آبخوان زیرزمینی اسـت. آبخوان اصـلی یزد-اردکان در قسـمت میـانی حوزهٔ آبخیز قرار دارد و خروجی آن در شـمـال محدودهٔ منطبق بر مرز حوزهٔ آبخیز می‌باشد.



شکل 1- موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه و محدودهٔ آبخوان اصلی حوزهٔ آبخیز دشت یزد-اردکان

تعیین محدودهٔ تاغزارهای دشت یزد-اردکان

در منطقهٔ مورد مطالعه بیشـترین دقت مکانی گوگل ارث 2 متر اسـت. این دقـت مکـانی برای پـایش تعـداد تاغ‌های دشـت یزد اردکان بسـیار مناسـب است، علاوه بر این در دشـت یزد اردکان اختلاف رنگ کاملاً مشـخصـی بین خـاک و تـاج پوشـش تاغ داریم که دقت را افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

می‌دهد. دقت زمانی تصاویر استفاده شده در نیمهٔ اول سال 1394 است (26).

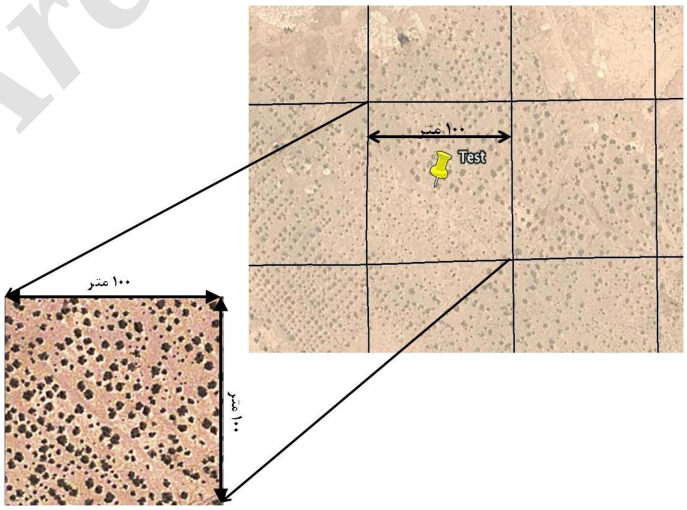
پس از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و بازدیدهای زمینی، مرز تاغزارهای دست‌کاشت تعیین گردید، سپس این محدوده به‌صورت شبکه 100*100 متر برای تعیین تراکم بر حسب تعداد پایه در هکتار آماده شد. نمونه‌ای از ایجاد شبکه برای محدودهٔ تاغزارهای شهرستان یزد در شکل 2 ارائه شده است.

ایجاد شبکهٔ یادشده به‌طور ساده و عمومی نوعی پلات‌گذاری در محدودهٔ جنگل‌های دست کاشت استان یزد است، به‌طوری‌که کل سطح جنگل‌های دست کاشت استان یزد به‌صورت شبکه‌ای با اضلاع مشابه تقسیم‌بندی شده است و این موضوع بدین معنی است که درصد تاج پوشش در واحد سطح و مقیاس همسان برای کل دشت یزد-اردکان برآورد شد.

شکل 2- نمونه‌ای از شبکه 100*100 متری تاغزارهای شهرستان یزد

آماده‌سازی تصاویر در نرم‌افزار JMicroVision

پس از انطباق مرزهای جنگل‌های دست‌کاشت به‌صورت شبکه 100*100 از تصاویر خروجی با فرمت tif گرفته شد. سپس به‌منظور افزایش توان تفکیک گونه‌های گیاهی از سایر پدیده‌ها به‌طور اتوماتیک و نرم‌افزاری اقدام به اصلاحات تصاویر با افزایش اختلاف رنگ و در نهایت شمارش گونه‌های دست‌کاشت بیابانی گردید. در شکل 3 و 4 مراحل کار نشان داده شده است. برای انجام این مراحل از نرم‌افزار JMicroVision[2] استفاده شد.



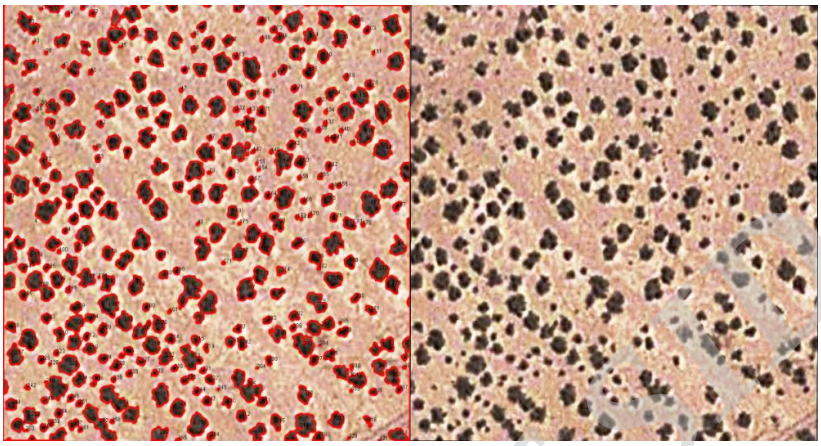
شکل 3- آماده‌سازی و اصلاح تصویری محدودهٔ جنگل‌های دست‌کاشت بیابانی جهت سرشماری با استفاده از نرم‌افزار JMicroVision

2- https://www.jmicrovision.com/resources.htm

Archive of SID
www.SID.ir

تعیین تراکم تاغ‌ها

برای تعیین تراکم تاغ‌ها، با استفاده از ابزارهای نرم‌افزار JMicroVision قدرت تفکیک پدیده‌ها در تصاویر ارتقا داده شد و سپس از طریق تنظیم حالت‌های مختلف روشنایی و با نظارت پویا، شمارش پایه‌ها انجام شد. با استفاده از قابلیت نرم افزار با تعیین حد آستانه[3] برای تفکیک تک‌پایه‌ها از اجتماع چندپایه استفاده شد. نمونه‌ای از این روند در شکل 4 آمده است.



شکل 4- تعیین تراکم و تاج پوشش جنگل‌های دست‌کاشت استان یزد (تصویر سمت راست: ورودی یک هکتاری به نرم‌افزار و تصویر سمت چپ مساحت شمارش شده است که با دایرهٔ اطراف آن مشخص است.)

بررسی بیلان و نوسانات آب زیرزمینی

به منظور برآورد متوسط نوسانات سطح آبخوان یزد-اردکان، روش چندضلعی تیسن برای 59 پیزومتر موجود در آبخوان به‌کار گرفته شد و با استفاده از این روش، محدودهٔ تأثیر هر پیزومتر به‌دست آمد. سپس با در نظر گرفتن محدودهٔ تحت‌تأثیر هر پیزومتر و تراز آب مربوط به آن پیزومتر، براساس رابطه (1)، متوسط تراز آب زیرزمینی (هیدروگراف واحد) آبخوان در گام‌های زمانی ماهانه برای دورهٔ مطالعاتی (1382 تا 1392) به‌دست آمد (7).

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \times h_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \qquad (1)$$

در رابطه (1)، $\bar{h}$: متوسط تراز آب زیرزمینی در آبخوان، A: مساحت تحت‌تأثیر هر پیزومتر، h: تراز آب در هر پیزومتر و n: تعداد پیزومترها است.

آماده‌سازی و واسنجی مدل Modflow

پس از آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز مدل، وارد نرم‌افزار GMS گردید. پس از ورود داده‌ها محدودهٔ آبخوان دشت یزد به‌عنوان مرز مدل تعیین گردید (شکل 1).

پس از تعیین مرز مدل با واردکردن لایه‌های اطلاعاتی لازم ابتدا مدل برای حالت پایدار واسنجی گردید و سپس برای حالت ناپایدار بررسی‌ها و واسنجی انجام شد.

عکس‌العمل اجزای زیتوده، نسبت شاخه به ریشه، حجم تاج پوشش گیاه و در نهایت نیاز آبی آن، در شرایط طبیعی با استفاده از لایسیمترهای وزنی و زهکش‌دار و در سه تیمار رطوبتی شامل 100، 35 و 15 درصد ظرفیت زراعی در طول مدت سه سال و در شرایط اقلیمی فراخشک سرد در محدودهٔ شهر یزد، مورد بررسی قرار گرفت. محاسبهٔ مقدار تولید به‌ازای مصرف هر واحد آب نشان داد که هر اصله درخت بالغ سیاه‌تاغ برای رشد مطلوب به‌طور میانگین سالانه نیاز به 2/4 متر مکعب آب دارد. این محققان پس از استقرار درختان در لایسیمترها نسبت به اعمال تیمارهای رطوبتی اقدام کردند. با استفاده از لایسیمتر و به کارگیری دستگاه TDR آب مورد نیاز برای رسیدن به رطوبت مورد نظر تعیین و به صورت هفتگی در اختیار گیاهان قرار گرفت (18).

3 - Theroshold

Archive of SID

www.SID.ir

n نتایج

خلاصهٔ نتایج حاصل از سرشماری تاغزارهای دشت یزد-اردکان با استفاده از نرم‌افزار JMicroVision به‌تفکیک محدودهٔ هر شهرستان در جدول (1) آمده است. مساحت جنگل‌های دست کاشت تاغ واقع در دشت یزد اردکان 42315/38 هکتار و دارای 4423640 پایه تاغ می باشد. نتایج نشان می‌دهد که تعداد متوسط تاغ در دشت یزد-اردکان 132 پایه در هکتار است، بیشترین تعداد تراکم تاغ مربوط به شهرستان اشکذر و کمترین تعداد تراکم تاغ مربوط به شهرستان مهریز است.

جدول 1 – مساحت و تراکم تاغزارهای دشت یزد-اردکان

شهرستان	مساحت بر حسب هکتار	تراکم متوسط (تعداد در هکتار)	تراکم مازاد بر ظرفیت منطقه
اردکان	1101/55	64	-
اشکذر	24031/50	142	27
مهریز	1148/34	30	-
میبد	5878/08	113	-
یزد	10626/87	136	21
مساحت کل (هکتار)	42786/35		

* منبع: 26

براساس نتایج حاصل از سرشماری تاغ و با درنظر گرفتن تراکم مطلوب تاغ در منطقهٔ مطالعاتی برابر با 115 اصله در هر هکتارست (18)، پایه های اضافهٔ تاغ محاسبه شد (ستون چهارم جدول 1). بارندگی منطقه جواب‌گوی تراکم موجود تاغ در منطقه نیست لذا پایه‌های اضافه، جهت بقاء از بخار آب موجود در لایه‌های فوقانی آبخوان استفاده می‌کنند و به‌نوعی برداشت آب از آبخوان دارند. چنان‌چه به استناد پژوهش‌های انجام‌شده در منطقه (18)، مقدار نیاز آبی هر پایه تاغ را برابر با 2/4 متر مکعب در سال در نظر بگیریم، پایه های اضافهٔ سالانه بیش از 2 میلیون مترمکعب برداشت آب از آبخوان دارند. با اعمال ضریب مربوط به تنش آبی این عدد به حدود 1/6 میلیون متر مکعب در سال می‌رسد.

به منظور مدل‌سازی تأثیر برداشت تاغ از آبخوان یزد-اردکان، از مدل مادفلو و شرایط ناپایدار استفاده شد. مدل ساخته‌شده دارای مساحت تقریبی 2140 کیلومتر مربع است. تشکیلات زمین شناسی آبخوان شامل آبرفت‌های کواترنری همراه با سیلت و رس است. شیب عمومی و جهت جریان در محدودهٔ مدل دارای راستای شمال-جنوب و تراز سطح زمین در مرز مدل بین 963 تا 1369 متر از سطح آب‌های آزاد است.

پس از اجرای مدل ناپایدار مادفلو در منطقهٔ مطالعاتی، خلاصهٔ وضعیت بیلان آبخوان یزد-اردکان تا پایان سال 1392 به شرح جدول (2) استخراج گردید.

جدول 2- نتایج محاسبات بیلان آبخوان یزد-اردکان سال 92-1391

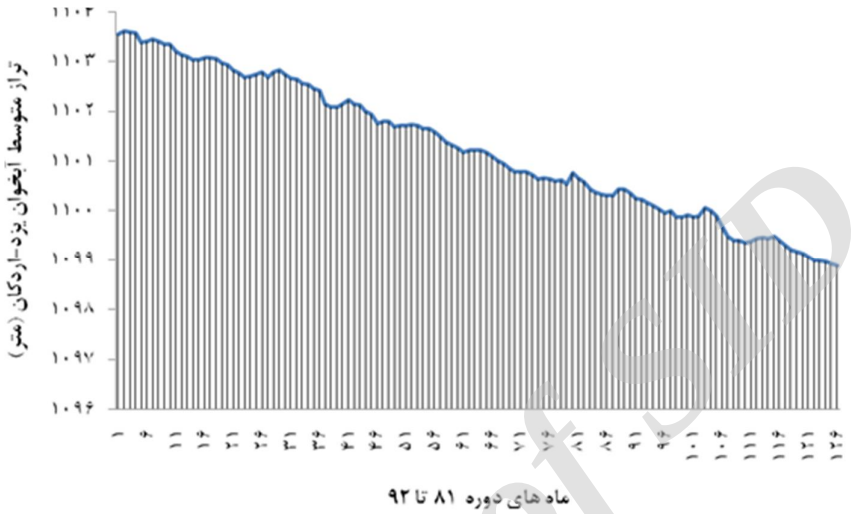
ورودی‌ها			خروجی‌ها		
مؤلفه‌های بیلان	میلیون مترمکعب	درصد	مؤلفه‌های بیلان	میلیون مترمکعب	درصد
ورودی زیرزمینی به آبخوان	199/696	63	خروجی زیرزمینی از آبخوان	15/742	4/98
نفوذ حاصل از بارندگی	0/0	0	برداشت چاه‌های بهره‌برداری کشاورزی	239/637	75/85
آب برگشتی کشاورزی به آبخوان	20/898	6/6	تخلیه از قنوات در محدوده آبخوان	7/00	2/2
آب برگشتی مصارف غیر کشاورزی به آبخوان	38/447	12/17	برداشت از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق (برای مصارف‌غیرکشاورزی)	51/92	16/43
تغییر حجم ذخیره	56/854	17/99	تبخیر و تعرق تاغ	1/614	0/51
مجموع ورودی‌ها با احتساب تغییرات حجم مخزن	315/895	100	مجموع خروجی‌ها	315/913	100

Archive of SID

www.SID.ir

براســـاس نتایج جدول (2) می توان گفت تغییر حجم ذخیرهٔ آبخوان 56/854 میلیون متر مکعـب در ســـال که به‌صـورت کسـری در مخزن همراه با افت سـطح آبخوان مشـهود اسـت. سـهم تاغ از این کسـری برابر با 1/614 میلیون مترمکعب در محاسبات بیلان منظور شده است.

بـه منظور آینـده نگری و بررســـی رونـد تغییرات تراز متوســط آبخوان یزد-اردکان، هیدروگراف واحد آبخوان به ازای سـال‌های مختلف و با استفاده از داده‌های پیزومتری و میانگین وزنی تیسن ترسیم گردید (شکل 5).



شکل 5- هیدروگراف واحد آبخوان یزد-اردکان طی دورهٔ آماری 1381 تا 1392

بررســی شــکل (5) نشــان می‌دهد که آبخوان مورد مطالعه دارای بیلان منفی اســت و با کاهش ســالانه 45 سـانتی‌متر سـطح آب زیرزمینی مواجه اسـت (شـکل 5). البته این روند در ابتدای دوره کندتر بوده اسـت. به‌عنوان نمونه تراز متوســط آبخوان در دوازده مـاه ابتدای دوره از 1103/5 به 1103/25 رسیده است. در حالی‌که در انتهای دوره این روند شـتاب بیشـتری گرفته و به حدود یک متر در سال نزدیک می‌شود.

بررسی تحولات منطقه بیان‌گر این‌است که این روند با روند توسـعهٔ صنعتی و جمعیتی در منطقه هم‌خوانی دارد. برای تعیین سهم تاغ از این مقدار افت، نیاز است که حجم برداشت به افت سطح آبخوان تبدیل شود. برای انجام این مرحله، نیاز به داشـتن ضـریب ذخیره آبخوان می‌باشـد. ضـریب ذخیره موردنظر از واسنجی مدل ناپایدار مادفلو به دست آمد.

با درنظر گرفتن ضریب ذخیره، وسعت آبخوان و حجم برداشـت آب توسـط تاغ، عدد مربوط به افت ناشی از این برداشت معادل 1/4 سانتی‌متر به‌دست آمد.

n بحث و نتیجه‌گیری

اکوسـیسـتم دشت یزد-اردکان با وجود شرایط اقلیمی شـکننده، دربرگیرندهٔ محدودهٔ وسیعی از گیاهان، جانوران و جوامع انسـانی اسـت. وضـعیت کنونی اکوسـیسـتم‌های مناطق خشک، حاصل قرن‌ها تکامل و سازگاری اجزای آن با شـرایط محیطی است. دشت‌های اقلیمی نظیر کمبود بـارش، پراکنـدگی زیـاد بـارنـدگی، کمبود رطوبـت جو، نوسانات دمایی زیاد و وابستگی جوامع انسانی به منابع آب زیرزمینی، از جمله خصـوصیات برجستهٔ این مناطق است. به‌لحاظ وجود چنین شـرایط اقلیمی شـکننده‌ای، هرگونه اقدامی در جهت توسـعه، از بیابان‌زدایی گرفته تا توسـعهٔ صـنعـت و بهره‌برداری از معـادن، باید همگام با طبیعت منطقه باشـد. لذا بررسـی این اقدامات از دیدگاه تأثیر بر منابع آبی، حائز اهمیت می‌باشد.

Liu و همکاران (2016) در منابع مصـرفی آب گونه *Haloxylon ammodendron* در شمال غرب چین به این نتیجه دست یافتند که حدود 80 درصد مصرف آب تاغ از منابع آب زیرزمنی تامین می‌شـود. مقدار Liu و همکاران

Archive of SID

www.SID.ir

(2016) تنها بررسی است که برای گونهٔ تاغ و با شرایط تقریبا مشابه دشت یزد-اردکان صورت گرفته است و تامین نیاز آبی تاغ را با اندازه‌گیری و مقایسهٔ ایزوتوپ‌های اکسیژن منابع آب زیرزمینی به اثبات می‌رساند. در مقدار حاضر برای نخستین‌بار جنگل های دست کاشت سرشماری و تعداد دقیق آن برای برآورد میزان برداشت آب محاسبه شد. علاوه بر این برای نخستین‌بار برداشت آب تاغ در برآورد بیلان آبی وارد شد.

بر اساس مطالعهٔ قبلی (18)، چنان چه مقدار آب مورد نیاز هر اصله درخت تاغ (2/4 متر مکعب در سال) را معیاری برای برنامه ریزی آینده در نظر بگیریم، اگر شرایط به‌گونه‌ای فراهم شود که حدود 40% از بارندگی سالانهٔ دشت یزد-اردکان (به‌طور متوسط 69 میلی متر)، در اختیار گیاه و فعالیت های فیزیولوژیک آن قرار بگیرد، امکان کاشت 115 اصله درخت تاغ در هر هکتار از اراضی منطقه وجود خواهد داشت. تراکم بیش از این مقدار موجب ایجاد تنش و تعرق در سفره‌های آب زیرزمینی می شود. همان‌طور که از نتایج سرشماری تاغ در منطقهٔ مطالعاتی پیداست، در 95 درصد از سطح تاغزارهای دست‌کاشت استان یزد، تراکم تاغ در منطقه بیش از تراکم مطلوب است؛ بنابراین پایه‌های اضافی، کمبود رطوبتی خود را از سفره‌های آب زیرزمینی جبران می‌کنند.

با احتساب نیاز آبی هر پایه تاغ و در نظر گرفتن اقلیم منطقه و نتایج حاصل از سرشماری تاغ‌ها، می‌توان گفت در مجموع سالیانه حدود 2/356 میلیون متر مکعب آب از طریق مکش بخار آب توسط ریشه های تاغ مورد استفاده قرار می گیرد. از طرفی طی بازدیدهای میدانی و بررسی وضعیت رشد پایه های تاغ، اختلاف رشد قابل‌توجهی بین حالت بهینه با رشد فعلی تاغ‌های منطقه مشاهده گردید و براساس نظر کارشناسی، تنش آبی نزدیک به 50% در مورد تاغ‌ها در نظر گرفته شد. لذا مقدار برداشت تاغ از منابع آب زیرزمینی با لحاظ کردن ضریب تنش آبی برآوردشده به 1/6 میلیون متر مکعب در سال تعدیل یافت و در محاسبات بیلان آبخوان منطقه لحاظ گردید. چنین برداشتی با توجه به نتایج مدل‌سازی ریاضی منطقه باعث افتی معادل 1/4 سانتی‌متر در آبخوان می‌شود.

از طرف دیگر به دلیل ریزش کم بارش در هر بارندگی، تبخیر بسیار زیاد از سطح خاک و سنگینی بافت خاک ضریب تأثیر بارندگی کاهش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت و جز در شرایط تپه‌های ماسه‌ای امکان رشد مطلوب تاغ‌ها میسر نمی‌شود. تپه‌های ماسه‌ای به‌دلیل نفوذپذیری بسیار زیاد و برگشت‌ناپذیربودن آب نفوذیافته به سطح خاک، مکان مناسبی برای ذخیرهٔ رطوبت ناشی از بارندگی و همچنین میعان بخار آب زمین است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد هر چند وجود تاغ در شن‌زارهای مناطق خشک و نیمه خشک باعث کاهش اثرات فرسایش بادی می‌شود ولی حضور بیش از تراکم مطلوب آن باعث افزایش برداشت از آبخوان های این مناطق است. با توجه به اقلیم شکنندهٔ مناطق خشک و تغذیهٔ ناچیز سفره‌های آبی و روند روبه‌افزایش جمعیت و برداشت از آبخوان‌ها، مقادیر کم برداشت توسط تاغزارها نیز معنی دار بوده و در صورت توسعهٔ بی‌رویهٔ تاغ باعث صدمه به اکوسیستم می شود. لذا هرگونه توسعه‌ای در محدودهٔ تاغ‌زارها باید با توجه به شرایط خاک، اقلیم و آبخوان صورت بگیرد.

n سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از آقای دکتر محمدرضا اختصاصی عضو هیأت علمی دانشکدهٔ منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد به‌خاطر راهنمایی‌های ارزنده برای انجام این پژوهش تشکر کنند.

n References

1. Branson, F. A., Gifford, G. F., Renard, K. G., & Hadley, R. F. (1981). *Rangeland Hydrology*., p. 84.
2. Cui, B., Yang, Q., Zhang, K., Zhao, X., & You, Z. (2010). Responses of saltcedar (*Tamarix chinensis*) to water table depth and soil salinity in the Yellow River Delta, China. *Plant Ecology*, 209(2), 279-290.

Archive of SID

www.SID.ir

3. Devitt, D.A., Donovan, D.J., Katzer, T. & Johnson, M. (2002). A reevaluation of the ground water budget for Las Vegas Valley, Nevada, with emphasis on ground water discharge. *Journal of the American Water Resources Association* 38, 1735–1751.

4. Ekhtesasi M.R. (2003). Determination of minimum density of seedlings for designing wind Break and controlling wind erosion in Central Iran. Proceedings of the National *Haloxylon* spp. Conference in Iran (In Farsi).

5. *Ekhtesasi* M.R. (2010). Plants suitable for sand dunes and sandsheets fixation in Iran. Yazd University Press. 246pp (In Farsi).

6. Emery, P.A., Snipes, R.J., Dumeyer, J.M., & Klein, J.M. (1973). Water in the San Luis Valley, South-central Colorado. Colorado Water Conservation Board, Denver, Colorado.

7. Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1977). Groundwater. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, USA.

8. Gardner, W. R. (1958). Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. *Soil science Journal*, 85(4), 228-232.

9. Lal, R. (2004). Carbon sequestration in dryland ecosystems. *Environmental management*, 33(4), 528-544.

10. Liu, F. M., Y. H. Zhang, Y. Q. Wu, & X. J. Zhang (2002). Soil water regime under the shrubberies of *Haloxylon ammodendron* in the desert regions of the Heihe River watershed. *Arid Zone Research*, (19)1, 27-31.

11. Liu, G., Lv, J., & Zhang, X. (2016). Preliminary study of water sources for maintenance and water utilization strategies of Haloxylon ammodendron in the arid desert area of northwestern *China. PeerJ PrePrints*.

12. Ma, Q., Wang, J., & Zhu, S. (2007). Effects of precipitation, soil water content and soil crust on artificial *Haloxylon ammodendron* forest. *Acta Ecologica Sinica*, 27(12), 5057-5067.

13. Mac Nish, R. D., Unkrich, C. L., Smythe, E., Goodrich, D. C., & Maddock, T. (2000). Comparison of riparian evapotranspiration estimates based on a water balance approach and sap flow measurements. *Agricultural and forest meteorology*, 105(1), 271-279.

14. Moghimi J. (2006). Introduction of some important species suitable for development and improvement of Iranian rangelands. Arvan press, 669 pages (In Farsi).

15. Morrison, J., Morikawa, M., Murphy, M., & Schulte, P. (2009). Water Scarcity & climate change. Ceres and Pacific Institute. Available at: http://www.pacinst.Org/reports/business_water_climate/full_report. pdf, 12.

16. Nichols, W.D. (2000). Regional ground-water evapotranspiration and ground-water budgets, Great Basin, Nevada. US Geological Survey Professional.

17. Pardo, A., Amato, M., & Chiaranda, F. Q. (2000). Relationships between soil structure, root distribution and water uptake of chickpea (Cicer arietinum L.). Plant growth and water distribution. *European Journal of Agronomy*, 13(1), 39-45.

18. *Rad M. H., M. A. Meshkat, M. Soltani, &. Mirjalili M. R. (2011). Determination of saxual (Haloxylon aphyllum) water requirements by lysimeter experiments. Arid Biom Scientific and Research Journal. Vol. 1 No. 3. 14-24 pp* (In Farsi).

19. Rossatto, D. R., Silva, L. D. C. R., Villalobos-Vega, R., Sternberg, L. D. S. L., & Franco, A. C. (2012). Depth of water uptake in woody plants relates to groundwater level and vegetation structure along a topographic gradient in a neotropical savanna. *Environmental and Experimental Botany*, 77, 259-266.

20. SUECICA, A. P., & SALLSKAPET, E. S. V. A. (1996). Plant root systems and natural vegetation. *Acta Phytogeographica Suecica*.136 pp.

21. Telvari A.R. (1984). Technical report of sand dune fixation in salt plain. Research institute of forests and rangeland press (In Farsi).

22. Van Schaik, J. C., & Stevenson, D. S. (1967). Water movement above shallow water tables in southern

Archive of SID

www.SID.ir

Alberta. *Journal of Hydrology*, 5, 179-186.

23. Wang, J., & Ma, Q. (2002). Study on restoration strategies, characteristics and status of degenerated artificial Haloxylon ammodendron communities at the edge of Minqin oasis. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 23(12), 2107-2112.

24. Warrick, A. W. (1988). Additional solutions for steady-state evaporation from a shallow water table, *Soil Science*, 146(2), 63– 66.

25. Xu, H., Li, Y., Xu, G., & Zou, T. (2007). Ecophysiological response and morphological adjustment of two Central Asian desert shrubs towards variation in summer precipitation. *Plant, cell & environment*, 30(4), 399-409.

26. *Zare chahouki, A. (2013). Research project on boundary detection of manmade desert forst of Yazd Province. Natural resources and watershed management office of Yazd* (In Farsi).

27. Zare chahuoki, A., Ekhtesasi MR., Mosleh Arani A. (2016). Investigating *Haloxylon aphyllum* physiological mechanism for propagating and adaptation to arid condition in polygonal bio-hydro-geomorphological patterns. *Journal of Rangeland*, 10(2), 170-179.

28. Zhu, Y., & Jia, Z. (2011). Soil water utilization characteristics of *Haloxylon ammodendron* plantation with different age during summer. *Acta Ecologica Sinica*, 31(6), 341-346.

Archive of SID

www.SID.ir

No. 10, Autumn & Winter, 2018, pp 87-98

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Effect of Yazd-Ardakan afforested *Haloxylon aphyllum* on groundwater resources

A. Zare Chahouki[*1], F. Barzegari [2], A. Zare[3]

1. Ph.D. Graduate, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Assistant Professor, Payam Noor University, Yazd, Iran.
3. Senior Expert, Natural Resources and Watershed Management Office of Yazd province, Yazd, Iran.

* Corresponding Author: zare.chahouki@gmail.com

Received date: 12/07/2017 **Accepted date: 10/01/2018**

Abstract

Due to some factors such as limitation of water resources, increasing demands in all aspects and also the impact of climate changes, the optimal management of water resources and their efficient use is an essential task. To achieve this effective management, appropriate water resources planning can be utilized. One of the basic parameters of the water management is the accurate calculation of water balance components. Present study was conducted to determine the effects of Haloxylon aphyllum artificial forest on groundwater extraction from Yazd-Ardakan aquifer. To achieve this, numbers of Haloxylon aphyllum shrubs were counted using JMicrovision software on the preprocessed Google Earth images. Then considering annual water needs of Haloxylon aphyllum- obtained from lysimetric data of previous studies- and number of Haloxylon aphyllum counted from Google Earth images, water extraction of planted forest was calculated. In next step, using GMS 8.3 and Modflow model, the aquifer balance and effective storage coefficient were obtained for calculating groundwater extraction of Haloxylon aphyllum in Yazd-Ardakan aquifer. The results showed that the 4423640 Haloxylon aphyllum existed in the Yazd-Ardakan plain and there is 56 million cubic meters of shortage in reservoir capacity. The amounts of groundwater extraction by Haloxylon aphyllum forest was estimated about 1.614 million cubic meters per year. The positive role of reforestation in relation to the dust storm damage reduction rounded and included the use of water should not be ignored. The results of the research are applicable for water resources and water use management of plantation forests.

Keywords: Arid region; Aquifer; Water balance; Aforestation; Yazd province

Archive of SID

www.SID.ir