

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

اصغر زارع چاهوکی^{1*}، فاطمه برزگری²، علی زارع³

1. دانش‌آموخته دکتری آبخیزداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
 2. استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه پیام نور، یزد، ایران.
 3. کارشناس ارشد اداره کل منابع طبیعی 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 استفاده کارآمد از آن‌ها امری ضروری است. لازمه دستیابی به مدیریت بهینه، استفاده از برنامه‌ریزی مناسب منابع آبی می‌باشد. از ابتدایی‌ترین موارد برنامه‌ریزی منابع آبی، محاسبه دقیق اجزای بیلان آب است. هدف از پژوهش حاضر که در محدوده حوزه 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 قرار گرفت. سپس با استفاده از حداقل نیاز آبی (2/4 متر مکعب در سال) برای هر پایه تاغ که بر پایه بررسی‌های لایسیمیتری موجود بود، تعداد پایه‌های تاغ مازاد بر بارندگی منطقه و نیاز آبی آن‌ها محاسبه شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار 8.3 GIS و مدل مادفلو، وضعیت بیلان آب زیرزمینی دشت یزد-اردکان محاسبه شد؛ با واسنجی مدل مذکور، ضریب ذخیره آبخوان مورد نظر به دست آمد. سپس با داشتن حجم آب مصرفی تاغ‌های مازاد بر ظرفیت اقلیمی منطقه، بیلان آبی و ضریب ذخیره آبخوان، تأثیر جنگل‌های تاغ بر آب زیرزمینی دشت یزد - اردکان محاسبه شد. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت که تعداد 4423640 تاغ در دشت یزد - 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 - 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 دست‌کاشت قابل استفاده می‌باشد.

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

n مقدمه

نامناسب آب از جمله مواردی است که مدیران و دست‌اندرکاران عرضه آب سالم را به چالش کشانده و بحران‌های جدی به‌وجود آورده است (15). از آنجا که زندگی در

در جهان امروز، آب ابزار اقتصادی مهمی به‌شمار می‌رود و افزایش تقاضا برای آب، کاهش آب قابل دسترس و کیفیت

بررسی‌ها نشان می‌دهد پراکنش این گونه، به شدت 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 به دلیل افزایش جمعیت و توسعه شهرها در این مناطق و نیز مشکلات و دشواری‌های طبیعی، دخل و تصرف انسان در زیست‌گاه‌های طبیعی به منظور زندگی بهتر، آغاز شده است، به طوری که به منظور کنار آمدن با مشکلاتی نظیر فرسایش بادی و رسوبات حاصل از آن، اقداماتی جهت تثبیت بیولوژیک ماسه‌های روان انجام داده است که از جمله 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 به طور کامل یا تاحدودی (بسته به شرایط اقلیمی و سطح سفره‌های آب زیرزمینی) از آب‌های زیرزمینی استفاده می‌کند (26) و برخلاف اینکه این گونه گونه‌ای گزرروفیت یا خشکی‌زی تلقی شده است، در بسیاری موارد گونه‌ای هیدروهاالوفیت یا نم‌شورپسند 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 دهه 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 توسعه انواع جنس‌های درختچه تاغ بوده است و گستره وسیعی را در استان به مساحت 42315 هکتار در برگرفته است.

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

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 جامعه 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 زیرزمینی است (4).

تاغ گونه‌ای فراتوفیت از خانواده اسفناجیان (*Chenopodiaceae*) است که در مناطق خشک و بیابانی به‌ویژه تپه‌های ماسه‌ای، رویش دارد. وسعت پراکنش این گونه گیاهی به صورت دست‌کاشت 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 خاک‌های فقیر و بسیار فقیر از ویژگی‌های بارز این گیاه است (4). وجود ویژگی‌های گفته‌شده باعث شده است که از گونه‌های مختلف آن از سال 1340 تاکنون به‌عنوان مهم‌ترین گیاه برای مبارزه بیولوژیک با پدیده 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 بیابان‌زدایی از طریق کنترل بیولوژیک شده است (21). این گیاه دارای دو گونه 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).

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 آن‌ها از 200 اصله در هکتار کمتر باشند. تاغ‌زارهای طبیعی حاشیه کویر زرین در یزد و بخشی از تاغ‌زارهای دست‌کاشت 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 سفره‌های آب زیرزمینی برداشت کند. این شرایط با دامنه متفاوت برای بسیاری از گونه‌های خشک‌زی و ماسه‌دوست مناطق خشک صادق است (22). پژوهش‌های انجام‌شده در شوروی سابق در زمینه سهم مشارکت آب‌های زیرزمینی در تامین نیاز آبی گیاهان مستقر در مناطق خشک و به‌ویژه در ماسه‌زارها نشان می‌دهد که سالانه مقادیر قابل توجهی 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 گونه گیاهی قادر است از آب زیرزمینی موجود در عمق 14-16 متری زمین به‌خوبی استفاده کند (7).

نرم‌افزار ¹ JMicro Vision ابزاری برای اندازه‌گیری و طبقه‌بندی پدیده‌های موجود در تصاویر است. این نرم‌افزار

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

تاکنون بررسی‌های زیادی در زمینه 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 مطالعه تبخیر و تعرق، به‌عنوان یک مولفه هدررفت آب‌های زیرزمینی پرداخته شده است (24). در رابطه با رشد بوته تاغ و رابطه آن با تغییرات سطح آب زیرزمینی در شرایط مقدار شن و ماسه ثابت، مطالعه‌ای در منطقه 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 مجهز شدن تاغ به شرایط بهتر برای جذب آب زیرزمینی است (11). در پژوهشی دیگر در موسسه تحقیقات کویر و ایستگاه آزمایشی منطقه خشک و سرد منطقه 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. به طوری که محتوای آب خاک کمتر از 0,824% در ماسه‌بادی، باعث از بین رفتن 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 منطقه مین‌چین واقع در شمال غرب چین طی پژوهشی مورد بررسی قرار گرفته است. در بررسی مذکور، رطوبت خاک در 6 عمق مورد ارزیابی قرار گرفت 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 به عنوان دلایل این کاهش معرفی شده‌اند (28).

نتایج بررسی دیگری در تاغ‌زارهای کشور ترکمنستان با بارندگی متوسط سالانه حدود 195 میلی‌متر نشان می‌دهد

فضای خاک، پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش تاغزارهای دست کاشت استان یزد در افزایش تبخیر و تعرق از سطح آبخوان زیرزمینی دشت یزد - اردکان انجام شد. در راستای انجام این پژوهش، سعی شد تا ضمن ارائه شرح مناسبی از بیلان آب زیرزمینی توسط مدل سازی ریاضی آبخوان، میزان برداشت تاغ از سفره آب زیرزمینی منطقه به صورت یکی از اجزای بیلان آبی مطرح شود.

n مواد و روش ها

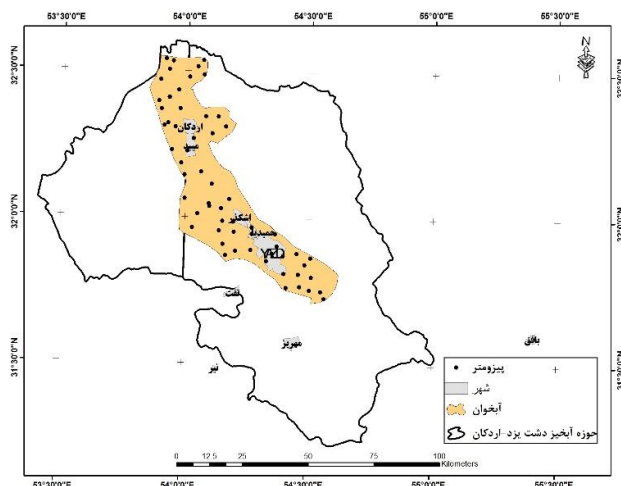
منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز یزد-اردکان با مساحت 11666/7 کیلومترمربع در موقعیت زون ایران مرکزی و شمال استان یزد در محدوده جغرافیایی $30^{\circ} 53'$ تا 55° طول شرقی و $15' 31^{\circ}$ تا $30' 32^{\circ}$ عرض شمالی واقع شده است. موقعیت کلی منطقه در شکل 1 دیده می شود. این محدوده شامل شهرستان های یزد، میبد، اردکان و صدوق است. متوسط بارندگی منطقه کمتر از 60 میلی متر (27) و منبع اصلی تامین آب مورد نیاز جمعیت ساکن، آبخوان زیرزمینی است. آبخوان اصلی یزد-اردکان در قسمت میانی حوزه آبخیز قرار دارد و خروجی آن در شمال محدوده منطبق بر مرز حوزه آبخیز می باشد.

قدرتمند قابلیت پوشش تصاویر بزرگ (بیش از 1 گیگابایت) را نیز دارد. ابزارهای موجود در نرم افزار امکاناتی نظیر بزرگنمایی و بهبود قدرت تفکیک پدیده ها را برای کاربران فراهم می سازد و مانند یک میکروسکوپ با ایجاد حالت های مختلف روشنایی، یک نظارت پویا را برای تصاویر و پدیده ها ایجاد می کند (26).

بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی، توسط مدل های آماری و عددی انجام می شود. در بین مدل های عددی، مدل مادفلو به دلیل شبیه سازی مناسب و توانایی قابل اطمینان در پیش بینی و تفکیک مقدار تغذیه آبخوان، کاربرد قابل توجهی در بررسی آب های زیرزمینی دارد. از جمله کاربردهای مادفلو می توان مطالعات مربوط به بیلان آب زیرزمینی را برشمرد. اطلاعات مورد نیاز برای انجام این مدل عبارتند از: توپوگرافی سطح زمین، توپوگرافی کف آبخوان، تعریف شرایط مرزی آبخوان، پارامترهای هیدرولیکی سفره، چاه های بهره برداری، اطلاعات چاه های مشاهده ای، اطلاعات مربوط به تغذیه آبخوان، تعیین مقادیر تبخیر و تعرق آبخوان (16).

با توجه به گستردگی کشت تاغ در مناطق بیابانی استان یزد و نیز بررسی های قبلی مبتنی بر توان فوق العاده تاغ، در مکش و استفاده از آب های زیرزمینی و بخار آب موجود در



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه و محدوده آبخوان اصلی حوزه آبخیز دشت یزد-اردکان

تاغ های دشت یزد اردکان بسیار مناسب است، علاوه بر این در دشت یزد اردکان اختلاف رنگ کاملاً مشخصی بین خاک و تاج پوشش تاغ داریم که دقت را افزایش

تعیین محدوده تاغزارهای دشت یزد-اردکان در منطقه مورد مطالعه بیشترین دقت مکانی گوگل ارث 2 متر است. این دقت مکانی برای پایش تعداد

ایجاد شبکه یادشده به‌طور ساده و عمومی نوعی پلات‌گذاری در محدوده 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.

می‌دهد. دقت زمانی تصاویر استفاده شده در نیمه اول سال 1394 است (26). پس از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و بازدیدهای زمینی، مرز تاغ‌زارهای دست کاشت 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 محدوده تاغ‌زارهای شهرستان یزد در شکل 2 ارائه شده است.

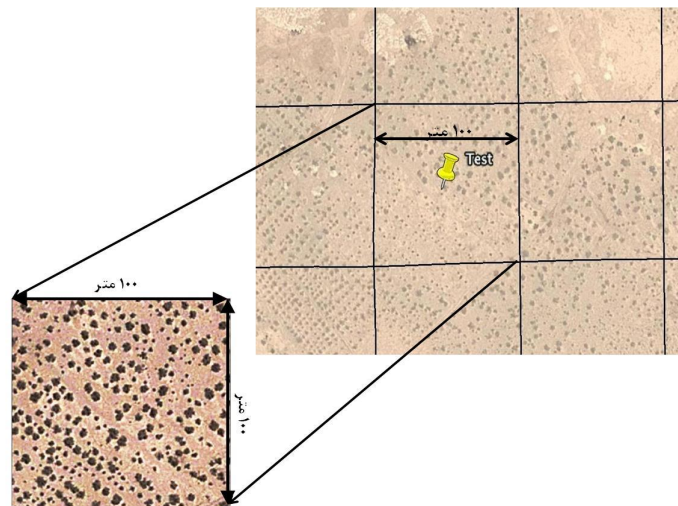


شکل 2- نمونه‌ای از شبکه 100×100 متری تاغ‌زارهای شهرستان یزد

به اصلاحات تصاویر با افزایش اختلاف رنگ و در نهایت شمارش گونه‌های دست کاشت بیابانی گردید. در شکل 3 و 4 مراحل کار نشان داده شده است. برای انجام این مراحل از نرم‌افزار JMicroVision² استفاده شد.

آماده‌سازی تصاویر در نرم‌افزار JMicroVision

پس از انطباق مرزهای جنگل‌های دست کاشت 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

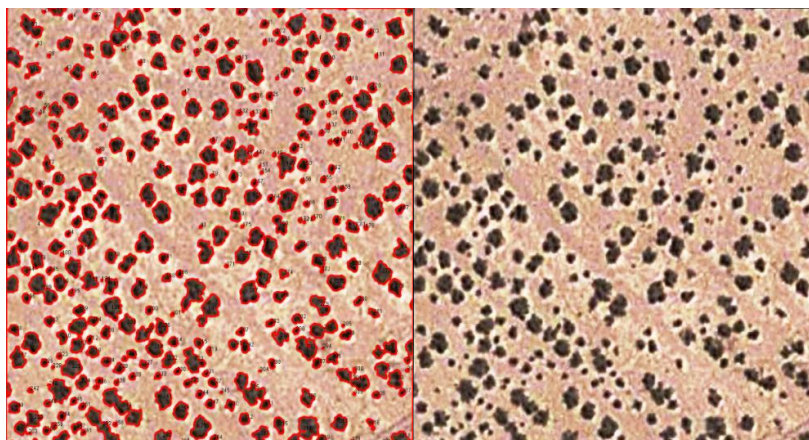


شکل 3- آماده‌سازی و اصلاح تصویری محدوده جنگل‌های دست کاشت بیابانی جهت سرشماری با استفاده از نرم‌افزار JMicroVision

تعیین تراکم تاغ‌ها

روشنایی و با نظارت پویا، شمارش پایه‌ها انجام شد. با استفاده از قابلیت نرم افزار با تعیین حد آستانه³ برای تفکیک تک‌پایه‌ها از اجتماع چندپایه استفاده شد. نمونه‌ای از این روند در شکل 4 آمده است.

برای تعیین تراکم تاغ‌ها، با استفاده از ابزارهای نرم‌افزار JMicoVision قدرت تفکیک پدیده‌ها در تصاویر ارتقا داده شد و سپس از طریق تنظیم حالت‌های مختلف



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 دایره اطراف آن مشخص است).

بررسی بیابان و نوسانات آب زیرزمینی

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

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

در رابطه (1)، \bar{h} : متوسط تراز آب زیرزمینی در آبخوان، A : مساحت تحت تأثیر 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 محدوده

آبخوان دشت یزد به‌عنوان مرز مدل تعیین گردید (شکل 1).

پس از تعیین مرز مدل با وارد کردن 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 فراهشک سرد در محدوده شهر یزد، مورد بررسی قرار گرفت. محاسبه 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).

n نتایج

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.

خلاصه نتایج حاصل از سرشماری تاغ‌زارهای دشت یزد-اردکان با استفاده از نرم‌افزار JMicroVision به تفکیک محدوده هر شهرستان در جدول (1) آمده است. مساحت جنگل‌های دست‌کاشت تاغ واقع در دشت یزد

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

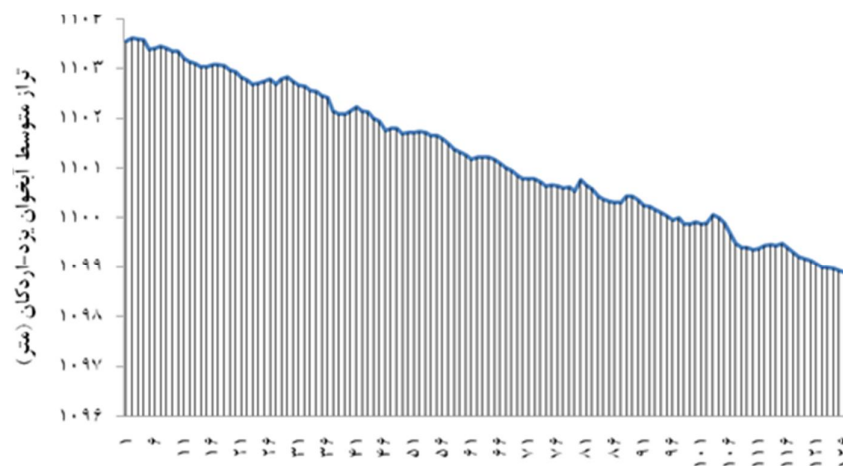
متر مکعب در سال می‌رسد. به منظور مدل‌سازی تأثیر برداشت تاغ از آبخوان یزد-اردکان، از مدل مادفلو و شرایط ناپایدار استفاده شد. مدل ساخته‌شده دارای مساحت تقریبی 2140 کیلومتر مربع است. تشکیلات زمین‌شناسی آبخوان شامل آبرفت‌های کواترنری همراه با سیلت و رس است. شیب عمومی و جهت جریان در محدوده مدل دارای راستای 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 منطقه مطالعاتی، خلاصه وضعیت بیلان آبخوان یزد-اردکان تا پایان سال 1392 به شرح جدول (2) استخراج گردید.

براساس نتایج حاصل از سرشماری تاغ و با در نظر گرفتن تراکم مطلوب تاغ در منطقه مطالعاتی برابر با 115 اصله در هر هکتارست (18)، پایه‌های اضافه 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، پایه‌های اضافه 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

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

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

به منظور آینده‌نگری و بررسی روند تغییرات تراز متوسط آبخوان یزد-اردکان، هیدروگراف واحد آبخوان به ازای سال‌های مختلف و با استفاده از داده‌های پیژومتری و میانگین وزنی تیسن ترسیم گردید (شکل 5).



مادهای دوره ۸۱ تا ۹۲

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

n بحث و نتیجه‌گیری

اکوسیستم دشت یزد-اردکان با وجود شرایط اقلیمی شکننده، دربرگیرنده محدوده وسیعی از گیاهان، جانوران و جوامع انسانی است. وضعیت کنونی اکوسیستم‌های مناطق خشک، حاصل قرن‌ها تکامل و سازگاری اجزای آن با شرایط محیطی است. دشواری‌های اقلیمی نظیر کمبود بارش، پراکندگی زیاد بارندگی، کمبود رطوبت جو، نوسانات دمایی زیاد و وابستگی جوامع انسانی به منابع آب زیرزمینی، از جمله خصوصیات برجسته این مناطق است. به لحاظ وجود چنین شرایط اقلیمی شکننده‌ای، هرگونه اقدامی در جهت توسعه، از بیابان‌زدایی گرفته تا توسعه صنعت و بهره‌برداری از معادن، باید همگام با طبیعت منطقه باشد. لذا بررسی این اقدامات از دیدگاه تأثیر بر منابع آبی، حائز اهمیت می‌باشد.

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

براساس نتایج جدول (2) می‌توان گفت تغییر حجم ذخیره آبخوان 56/854 میلیون متر مکعب در سال که به صورت کسری در مخزن همراه با افت سطح آبخوان مشهود است. سهم تاغ از این کسری برابر با 1/614 میلیون مترمکعب در محاسبات بیلان منظور شده است.

بررسی شکل (5) نشان می‌دهد که آبخوان مورد مطالعه دارای بیلان منفی است و با کاهش سالانه 45 سانتی‌متر سطح آب زیرزمینی مواجه است (شکل 5). البته این روند در ابتدای دوره کندتر بوده است. به عنوان نمونه تراز متوسط آبخوان در دوازده ماه ابتدای دوره از 1103/5 به 1103/25 رسیده است. در حالی که در انتهای دوره این روند شتاب بیشتری گرفته و به حدود یک متر در سال نزدیک می‌شود.

بررسی تحولات منطقه بیان گر این است که این روند با روند توسعه 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 داشتن ضریب ذخیره آبخوان می‌باشد. ضریب ذخیره موردنظر از واسنجی مدل ناپایدار مادفلو به دست آمد.

با در نظر گرفتن ضریب ذخیره، وسعت آبخوان و حجم برداشت آب توسط تاغ، عدد مربوط به افت ناشی از این برداشت معادل 1/4 سانتی‌متر به دست آمد.

منابع آب زیرزمینی با لحاظ کردن ضریب تنش آبی برآورد شده 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 به دلیل نفوذپذیری بسیار زیاد و برگشت‌ناپذیر بودن آب نفوذیافته به سطح خاک، مکان مناسبی برای ذخیره 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 آبخوان‌های این مناطق است. با توجه به اقلیم شکننده مناطق خشک و تغذیه ناچیز سفره‌های آبی و روند روبه‌افزایش جمعیت و برداشت از آبخوان‌ها، مقادیر کم برداشت توسط تاغ‌زارها نیز معنی دار بوده و در صورت توسعه بی‌رویه تاغ باعث صدمه به اکوسیستم می‌شود. لذا هرگونه توسعه‌ای در محدوده 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 دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد به خاطر راهنمایی‌های ارزنده برای انجام این پژوهش تشکر کنند.

(2016) تنها بررسی است که برای گونه تاغ و با شرایط تقریباً مشابه دشت یزد-اردکان صورت گرفته است و تامین نیاز آبی تاغ را با اندازه‌گیری و مقایسه ایزوتوپ‌های اکسیژن منابع آب زیرزمینی به اثبات می‌رساند. در مقدار حاضر برای نخستین بار جنگل‌های دست‌کاشت سرشماری و تعداد دقیق آن برای برآورد میزان برداشت آب محاسبه شد. علاوه بر این برای نخستین بار برداشت آب تاغ در برآورد بیلان آبی وارد شد.

بر اساس مطالعه قبلی (18)، چنانچه مقدار آب مورد نیاز هر اصله درخت تاغ ($2/4$ متر مکعب در سال) را معیاری برای برنامه‌ریزی آینده در نظر بگیریم، اگر شرایط به‌گونه‌ای فراهم شود که حدود 40% از بارندگی سالانه دشت یزد-اردکان (به‌طور متوسط 69 میلی‌متر)، در اختیار گیاه و فعالیت‌های 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 می‌شود. همان‌طور که از نتایج سرشماری تاغ در منطقه 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 ریشه‌های تاغ مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طرفی طی بازدیدهای میدانی و بررسی وضعیت رشد پایه‌های تاغ، اختلاف رشد قابل توجهی 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

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.

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

- 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 forest 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.

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

A. Zare Chahouki^{*1}, F. Barzegari², A. Zare³

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