DOI: 10.22059/ijswr.2021.318880.668891

تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۲، شماره ۵، مرداد ۱۴۰۰ (ص ۱۳۲۵-۱۳۱۵)

(علمی – پژوهشی)

Using Water Accounting Plus Framework for Evapotranspiration and Water Productivity Assessment

ZAHRA RAHIMZADEH KIVI[1], SAMAN JAVADI[*1], NEMAT KARIMI[2], SEYED MEHDI HASHEMI SHAHDANI[1], HAMID KARDAN MOGHADDAM[2]

1. Department of Water Engineering, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Water Research Institute, Water Research Institute, Ministry of Energy, Tehran, Iran.

(Received: Feb. 19, 2021- Revised: Apr. 4, 2021- Accepted: Apr. 12, 2021)

ABSTRACT

New approaches in analyzing the status of basic water resources data in the WA+ framework have been able to be introduced as a standard method in water resources accounting. In this study, with WA+ water accounting approach, evaluation of basin evapotranspiration was performed to determine water productivity. According to the amount of rainfall in the region, the transfer flow from Karoon basin, the shortage of water resources, outflow from the basin and evapotranpiration in each land use class, the resource base sheet was calculated. Then, by calculating the evapotranspiration sheet, benefical and non-benefical consumptions were separated from each other. In the sheet of agricultural services, the water demand of the products in each landuse was calculated and finally the water and land productivity for the priod 1396-97 was obtained. The results showed that of the 548.8 million cubic meters of water entering the system, 465.5 million cubic meters are evapotranspirated and 41.9 million cubic meters are surface flowed. In the second sheet, for representive crops in land use, the amount of evaporation, transpiration and interception were extracted with Wapor product. Accordingly, 264.3 million cubic meters was determined as a benefical volume in agricultural and environmental activities and 201.1 million cubic meters as non-benefical evapotranspiration. Also, the amount of water productivity in each land use class was determined based on the biomass of the products of each land use. The results of this worksheet showed that the managed water lands had the highest water productivity of 1.28 kg/m^3. The results of water accounting system (WA+) in Plasjan basin indicate a high volume of non-benefical evapotranspiration and water loss, and suggestions for management measures to reduce this issue should be considered.

Keywords: Water Acoounting, Demand And Supply, Evapotranspiration, Water Productivity, Sheet.

* Corresponding Author’s Email: Javadis@ut.ac.ir

استفاده از چارچوب حسابداری WA+ در ارزیابی تبخیروتعرق و بهره‌وری آب (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز پلاسجان)

زهرا رحیم‌زاده کیوی[۱]، سامان جوادی*[۱]، نعمت کریمی[۲]، سیدمهدی هاشمی شاهدانی[۱]، حمید کاردان مقدم[۲]

۱.گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. موسسه تحقیقات آب، وزارت نیرو، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱- تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱/۱۵- تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱/۲۳)

چکیده

رویکردهای نوین در تحلیل وضعیت داده‌های پایه منابع آب در قالب سیستم (WA+) توانسته به عنوان یک روش استاندارد در حسابداری منابع آب مطرح شود. در این پژوهش با رویکرد حسابداری آب WA+، ارزیابی از تبخیر و تعرق حوضه برای تعیین میزان بهره‌وری آب انجام گرفت. با توجه به میزان بارش منطقه، جریان انتقالی از حوضه کارون، کسری منابع آب، جریان خروجی از حوضه و تبخیر تعرق موجود در هر کلاس کاربری اراضی، کاربرگ منابع و مصارف آب محاسبه شد. سپس با محاسبه کاربرگ تبخیر تعرق، مصارف مفید و غیر مفید از یکدیگر تفکیک شدند. در کاربرگ خدمات کشاورزی نیاز آبی محصولات موجود در هر کاربری محاسبه و در نهایت بهره‌وری آب و زمین در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶بدست آمد. نتایج نشان داد که از حجم ۵۴۸/۸ میلیون مترمکعب آب ورودی به سیستم، ۴۶۵/۵ میلیون‌مترمکعب صرف تبخیر و تعرق و ۴۱/۹ میلیون‌مترمکعب بصورت جریانات سطحی است. در کاربرگ دوم برای کشت‌های منتخب در کاربری اراضی میزان تبخیر، تعرق و برگاب با محصول Wapor فائو استخراج و بر این اساس حجم ۲۶۴/۳ میلیون‌مترمکعب به عنوان حجم مفید در فعالیت‌های کشاورزی و محیط‌زیست و ۲۰۱/۱ میلیون‌مترمکعب به عنوان تبخیروتعرق غیرمفید تعیین شد. همچنین میزان بهره‌وری آب در هر کلاس کاربری‌اراضی براساس بیوماس محصولات هر کاربری تعیین شد. نتایج این کاربرگ نشان داد که اراضی آب مدیریت شده بیشترین میزان بهره‌وری اب را به میزان ۱/۲۸ داشته‌اند. نتایج سیستم حسابداری آب (WA+) در حوضه پلاسجان حاکی از حجم بالای تبخیروتعرق غیرمفید و از دست رفتن آب بوده که پیشنهادهای تمهیدهای مدیریتی برای کاهش این موضوع بایست در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: حسابداری آب، منابع و مصارف، تبخیروتعرق، بهره‌وری آب، کاربرگ.

مقدمه

ارزیابی سیستم‌های منابع آب و اجرای استراتژی‌های مدیریتی مناسب، به اطلاعات دقیق و طبقه‌بندی شده توصیف کننده عرضه، تقاضا و مصرف نیاز دارد که با استفاده از آنها بتوان یک تصویر جامع برای ارزیابی بهترین راهکارهای مدیریتی، شناسایی فرصت‌های کاهش مصرف آب، افزایش بهره‌وری و مانند آن را ایجاد کرد. در این خصوص «حسابداری آب» ابزاری مناسبی است. این چارچوب اجازه می‌دهد تا طیف گسترده‌ای از داده‌ها تلفیق و شاخص‌های مرتبط تولید گردند و بتوانند در فرایندهای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرند (Hunink *et al*, 2019). چارچوب حسابداری آب، رویکردی برای استاندارد سازی، سازماندهی داده و اطلاعات است (Karimi *et al*,2013) که ارتقاء کارائی و شفافیت در مدیریت یکپارچه منابع آب را به همراه دارد (Momblanch *et al*, 2018). چارچوب‌های مختلفی برای حسابداری آب ارائه شده است (Droogers *et al*,2010). برخی از مهمترین آنها آب عبارتند از: حسابداری آب بین المللی موسسه مدیریت آب (IWMI) (Molden,1997)، چارچوب مفهومی حسابداری آب استرالیا (Wasb,2014)، سیستم حسابداری اقتصادی زیست محیطی (SEEA-Water) (UN, 2007)، و حسابداری آب WA+ (Karimi *et al*,2013). سیستم SEEA-Water، توصیف اطلاعات هیدرولوژیکی و اقتصادی را براساس مجموعه‌ای از جداول استاندارد و مکمل که جنبه‌های اجتماعی را نیز پوشش می‌دهد، قرار گرفته است (UN, 2012). همچنین در این سیستم اجزاء غیرکشاورزی در اقتصاد دیده شده و بدین منظور از مدل‌های مالی حسابداری در سطح ملی استفاده می‌شود. چارچوب حسابداری آب استرالیا براساس دستورالعمل SEEAW در استرالیا توسعه یافته است. تفاوت آن نیز به صراحت در جنبه‌های محیط زیست مربوط می‌شود (Momblanch *et al*,

* نویسنده مسئول: Javadis@ut.ac.ir

2018). اما، رویکرد حسابداری IWMI، بطور اصولی متکی به میزان خروجی آب یا مصارف (تبخیر و تعرق) است، رویکرد که از محوریت برداشت فاصله می‌گیرد. بدین منظور نیز استفاده از داده‌های سنجش از دور برای تخمین آن ظرفیت‌های بستری مناسبی را دارد (Guerschman *et al*., 2009; Karimi *et al*, 2014). این داده‌ها این امکان را فراهم می‌آورند تا برآوردی مناسب از میزان بارندگی و تبخیر و تعرق را در عرصه‌های وسیع حاصل نمود (Prior, 2016). این داده‌ها متعاقبا باید در چارچوبی گزارشات مختلف آن سازماندهی و ارائه می‌شود. از طرفی با توجه به اینکه عمده سیاست‌گذاری‌های مربوط به آب در بخش کشاورزی، تمرکز بر آب آبی دارد و کمتر به مدیریت آب سبز پرداخته می‌شود (Kiyani and Sedaghatdost, 2016)، این چارچوب امکان پرداختن به آن را نیز فراهم می‌آورد. در ادامه توسعه این چارچوب، Karimi et al.,(2013) +WA را ارائه دادند که نسبت به IWMI جزئیات بیشتری را به همراه دارد. برای این تحقیق نیز بدلیل مجموعه ویژگی‌های برشمرده شده، سیستم حسابداری آب +WA انتخاب گردید. این سیستم ابزاری برای بررسی مواردی مانند تمایز بین "برداشت" و "مصرف"، خلاصه‌کردن مصرف آب در مقیاس‌های مختلف مکانی، لحاظ کاربری‌های مختلف (مانند مناطق حفاظت‌شده، مراتع، اراضی دیم و آبی)، تفکیک مصرف آب مدیریت شده و مدیریت می‌باشد. بنابراین توصیف دقیق‌تر بهره‌وری آب و خاک فراهم می‌شود(بهره وری در واحد زمین (کیلوگرم بر هکتار) و بهره وری در واحد آب مصرفی (کیلوگرم بر متر مکعب). با استفاده از این چارچوب، Peiser and Bastiaanssen (2015) حسابداری آب رودخانه هلمند در افغانستان را مورد بررسی قرار دادند. پژوهش آنها نشان داد که مصرف آب در بخش کشاورزی ٪۴۵ آب قابل بهره‌برداری و ٪۳۵ آب در دسترس است. همچنین کاهش مصرف غیرمفید از طریق کشاورزی دیم و فاریاب، اضافه نمودن مواد آلی به خاک و کاهش تبخیر از طریق مالچ قابل حصول است. تحقیق مشابهی نیز توسط Giordano et al.(2019) با استفاده از +WA با رویکرد "محصول بیشتر به ازای هر قطره" ارائه شد. که در آن راه‌های افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی از جمله کاهش تخلیه غیرمفید با استفاده از فناوریهای نوین، تله‌اندازی جریان‌های غیرقابل قبول، تخصیص مجدد آب در میان مصارف، افزایش درآمد در سطح مزرعه و کاهش فقر و نابرابری در بخش کشاورزی مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج تحقیقات در مورد بهره‌وری آب نشان داد که برای افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی نیاز به رویکرد همه جانبه و بین رشته‌ای برای دستیابی به رویکرد جامع است.

بررسی مطالعات انجام شده در خصوص سیستم حسابداری آب حاکی از این موضوع است که یکپارچگی بین اجزای مختلف چرخه آب و نحوه انتقال جریانات، زمینه افزایش بهره‌وری از منابع آب را محقق می‌سازند. این پیوستگی باعث شده تا در این پژوهش ارزیابی از وضعیت منابع آب در حوضه آبریز پلاسجان که از زیرحوضه‌های بالادست سد زاینده‌رود است، با رویکرد حسابداری آب +WA مورد بررسی قرار گیرد. هدف این پژوهش، تمرکز بر سیستم حسابداری آب +WA با محاسبه کاربرگ منابع پایه، تبخیروتعرق و خدمات کشاورزی است. همچنین ارزیابی سیستم حسابداری آب +WA توسط نشانگرهای هر کاربرگ، می‌تواند وضعیت حوضه را از نظر بهره‌برداری و تدوین سناریوهای مختلف جهت افزایش عملکرد و بهره‌وری آب و زمین نشان دهد. نتایج این مطالعه می‌تواند ضمن ارزیابی مناسب از میزان تبخیروتعرق در کاربری‌های مختلف زمین، وضعیت منابع و مصارف آب را مشخص کند. که این موضوع با تفکیک مصارف مفید و غیرمفید منابع آب مصرفی، میزان بهره‌وری آب و زمین در سطح منطقه مشخص می‌گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

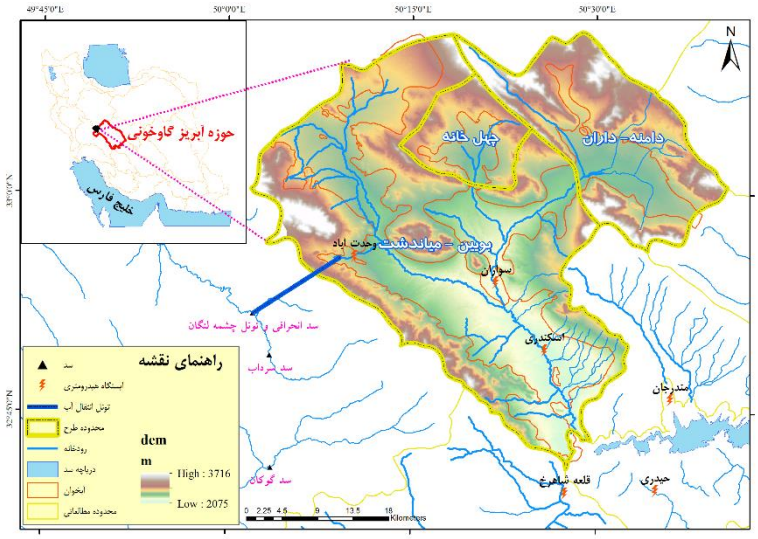
حوضه آبریز درجه ۵ پلاسجان در بخش شمال غربی بالادست سد زاینده‌رود با مساحت ۱۸۵۴ کیلومترمربع بین طول جغرافیایی ۵۰° تا ′۴۵°۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ′۴۵ °۳۲ تا ′۱۵ °۳۳ شمالی قرار دارد. این حوضه دارای سه محدوده مطالعاتی دامنه داران با کد ۴۲۱۴، چهل‌خانه با کد ۴۲۱۳ و بوئین-میاندشت با کد ۴۲۱۲ با حداکثر ارتفاع ۳۸۷۷ متر و حداقل ارتفاع ۲۰۵۶ متر واقع شده است. براساس آخرین آماربرداری موجود، تعداد ۱۵۸۰ حلقه چاه با تخلیه ۲۳۹/۹ میلیون‌مترمکعب، ۲۸۳ رشته قنات با تخلیه ۲۰/۳ میلیون‌مترمکعب و ۱۶۸۴ دهنه چشمه با تخلیه ۳۳/۴ میلیون مترمکعب قرار دارد. بیشتر حجم مصارف آب در این محدوده مربوط به بهره‌برداری کشاورزی بوده و کمتر از ۱۰ میلیون‌مترمکعب آب به بخش صنعت و شرب تخصیص داده می شود. برداشت از منابع آب سطحی این منطقه با توجه به انتقال آب از طریق تونل چشمه لنگان (انتقالی حوضه آبریز کارون) در مسیر رودخانه از طریق موتورپمپ با حجمی حدود ۴۱ میلیون‌مترمکعب در سال بهره‌برداری می‌شود. در شکل (۱) موقعیت حوضه آبریز پلاسجان نشان داده شده است.

الگوی کشت کشاورزی و عملکرد محصولات کشاورزی این حوضه با توجه به تقسیم‌بندی کاربری اراضی مطابق جدول (۱) براساس سالنامه آماری کشاورزی استان اصفهان در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ ارائه شده است.

چارچوب حسابداری آب بعلاوه (+WA)

چارچوب حسابداری +WA یک روش برمبنای بیلان منابع آب

است که برای طبقه‌بندی مولفه‌های جریان‌های ورودی و خروجی از یک سیستم است. براساس آخرین بروزرسانی WA+ در سال ۲۰۱۶ این چارچوب، حسابداری حوضه را در ۸ کاربرگ ارائه می دهد (www.Wateraccounting.org). این کاربرگ‌ها شامل منابع پایه، تبخیر و تعرق، خدمات کشاورزی، آب برداشت شده، آب سطحی، آب زیرزمینی، خدمات اکولوژیکی و پایداری است. WA+ براساس اندازه‌گیری بارندگی، تبخیر و تعرق واقعی، تولید زیست توده، کاربری اراضی، سطح آب در دریاچه‌ها و مخازن بنا نهاده شده است. متناسب با اهداف تحقیق ۳ کاربرگ منابع پایه، تبخیر تعرق و خدمات کشاورزی برای منطقه مطالعاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شرح مختصری از آنها در ادامه ارائه می‌شود. همچنین، برخی شرح برخی از متغیرهای مهم این چارچوب در جدول (۲) آمده است.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- الگوی کشت و عملکرد محصولات نماینده در حوضه آبریز پلاسجان

نوع کشت	عملکرد-kg/ha	نماینده محصول	کلاس	طبقه بندی
آبی	۴۰۰۰	گندم	غلات	Cereals
دیم	۷۰۰	گندم		
آبی	۲۰۰۰	لوبیا	حبوبات	Leguminous crops
دیم	۵۰۰	نخود		
آبی	۲۵۰۰۰	سیب زمینی	محصولات ریشه‌ای	Root/tuber crops
آبی	۷۵۰۰۰	پیاز	سبزیجات	Vegetables & melons
آبی	۱۰۰۰۰	یونجه	محصولات علوفه‌ای	Feed crops
آبی	۵۵۰۰۰	چغندرقند	محصولات قندی	Sugar crops
آبی	۶۱۵	بادام	محصولات باغی	Fruits & nuts

جدول ۲- تعریف متغیرهای مورد استفاده در ساختار WA+ (Molden *et al.*, 2003)

واژه‌ها	تعریف
جریان ناخالص (Gross inflow)	جریانی که از بارندگی، منابع سطحی و زیرسطحی وارد می‌شود.
جریان خالص (Net inflow)	مقدار جریان ناخالص بعلاوه تغییرات ذخیره گفته می‌شود.
آب در دسترس (Available water)	به مقدار جریان ورودی خالصی گفته می‌شود که مقدار جریان حقابه‌بران و جریان غیرقابل استفاده، از آن کم شده باشد.
آب استفاده شده (Utilized flow)	آبی که صرف تامین مصارف می‌شود.
آب قابل استفاده (Utilizable outflow)	اختلاف بین آب در دسترس و آب استفاده شده را آب قابل استفاده می‌نامند. آبی که نه مصرف شده و نه تعهد داده شده است.
آب غیر قابل استفاده (Non-utilizable outflow)	جریان‌هایی که اغلب در هنگام سیل یا بعد از آن جاری می‌شود.
آب قابل بهره‌برداری (آب آبی) (Exploitable water)	آب قابل بهره‌برداری که در مخازن، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی موجود است.
تبخیر تعرق (آب سبز) (Landscape ET)	تبخیر تعرق ناشی از چرخه طبیعی آب است.
تبخیر تعرق مفید و غیرمفید (Benefical and Non-benefical ET)	تبخیر و تعرق غیرمفید در فرآیند هیدرولوژیکی ناشی از تبخیر از خاک و آب و تبخیر از برگاب و سطوح مرطوب است. تبخیر معمولاً غیرمفید در نظر گرفته می‌شود زیرا بخش اعظم تبخیر از خاکهای مرطوب است. همچنین تبخیر از سطوح آبی برای تامین اهداف آبزی‌پروری و ماهیگیری به عنوان جزء مفید در نظر گرفته می‌شود. مقدار تعرق گیاهان طبیعی و محصولات کشاورزی به عنوان جزء مفید در سیستم حسابداری آب بعلاوه درنظر گرفته می‌شود مگر تعرق ناشی از علف‌های هرز.

الف) کاربرگ منبع پایه: براساس چارچوب +WA ابتدا با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی موجود، کاربری زمین در چهار کلاس اراضی حفاظت شده (PLU[1])، اراضی بهره‌برداری (ULU[2])، زمین‌های تغییر کاربری داده شده (MLU[3]) و مصرف آب مدیریت شده (MWU[4]) تقسیم می‌گردد. این کاربرگ اطلاعات کلی از حجم منابع و مصارف آب در حوضه آبریز را شامل می‌شود. جریان ناخالص آب به حوضه شامل بارش و جریان‌های ورودی از مرزهای حوضه است. مقدار بارش براساس منحنی‌های همباران و برآورد حجم بارش به‌عنوان ورودی به چارچوب مذکور وارد می‌شود. وقتی مقدار تغییرات اجزای ذخیره آب در حوضه به آن اضافه شود، جریان خالص آب محاسبه می‌شود. جریان خالص خود نیز به دو بخش کلی تبخیرتعرق طبیعی و آب قابل بهره‌برداری تقسیم می‌شود. علاوه بر تبخیرتعرق طبیعی، تبخیرتعرق ناشی از برداشت‌ها نیز در این کاربرگ تعیین می‌گردد. یکی از روش‌های جداسازی تبخیرتعرق طبیعی و تبخیر تعرق ناشی از برداشت‌ها از مقدار کل تبخیرتعرق در زمین‌های کشاورزی استفاده از روش بارش موثر است. روش بارش موثر، تخمین آب باران باقیمانده در منطقه ریشه که بعد از نفوذ و رواناب می‌تواند بوسیله گیاهان استفاده شود. برای محاسبه بارش موثر از روش USDA (Khaleghi., 2016) مطابق رابطه (۱) استفاده می‌شود. بنابراین بعد از محاسبه بارش مؤثر یا همان تبخیرتعرق طبیعی با داشتن تبخیرتعرق کل که از تصاویر محصول Wapor بدست آمده‌است، مقدار تبخیرتعرق ناشی از برداشت‌ها محاسبه می‌شود.

(رابطه ۱) Pef= (P/125)*(125-0.2P) IF: P<250 mm

IF: P>250 mm Pef=125+0.1P

به منظور ارزیابی این کاربرگ، چهار نشانگر تعریف شده است که بصورت روابط (۲) تا (۵) ارائه شده است (Karimi *et al*, 2013):

(رابطه ۲) $$\text{نسبت آب قابل بهره‌برداری} = \frac{\text{آب قابل بهره‌برداری}}{\text{جریان خالص آب}}$$

(رابطه ۳) $$\text{نسبت تغییرات ذخیره} = \frac{\text{تغییرات ذخیره آب شیرین}}{\text{آب قابل بهره‌برداری}}$$

(رابطه ۴) $$\text{نسبت آب در دسترس} = \frac{\text{آب در دسترس}}{\text{آب قابل بهره‌برداری}}$$

(رابطه ۵) $$\text{شاخص بسته شدن حوضه} = \frac{\text{آب استفاده شده}}{\text{آب در دسترس}}$$

ب)کاربرگ تبخیر تعرق: در کاربرگ دوم (کاربرگ تبخیر تعرق) با توجه به کاربری زمین تعیین شده در کاربرگ اول با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوی کشت موجود در منطقه، میزان تبخیر و تعرق برای چهار نوع کاربری زمین منطقه بصورت تفکیک شده بدست آورده می‌شود. سه مقدار تبخیر، تعرق و برگاب به عنوان خروجی‌های هر نوع کاربری تعیین می‌شود که مقادیر آن از محصول Wapor فائو بدست آمده است. به منظور محاسبه تبخیر و تعرق در حوضه آبریز پلاسجان با توجه به صحت سنجی صورت گرفته در حوضه زاینده رود، محصول Wapor فائو جهت تعیین تبخیر تعرق در کاربری‌های مختلف حوضه استفاده می‌گردد(Rahimpour *et al*., 2018). محصول Wapor قابلیت تفکیک اجزای تبخیر، تعرق و برگاب را دارد. این سه پارامتر در دو کلاس بهره‌برداری مفید و غیرمفید تقسیم می‌شود. این تقسیم‌بندی براساس مصارف آب و مقادیر بدست آمده از الگوریتم‌های تبخیر تعرق تفکیک می‌شود. این بخش نشان دهنده ی تفکیک کاربری زمین از نظر مصارف به دو بخش مفید و غیرمفید برای مدیریت در محدوده مطالعاتی است. بطورکلی تبخیر و تعرق غیرمفید در فرآیند هیدرولوژیکی ناشی از تبخیر از خاک و آب و تبخیر از برگاب و سطوح مرطوب است. تبخیر معمولاً غیرمفید در نظر گرفته می‌شود زیرا بخش اعظم تبخیر از خاکهای مرطوب است (Choudhury *et al*., 1998). همچنین تبخیر از سطوح آبی برای تامین اهداف آبزی‌پروری و ماهیگیری به عنوان جزء مفید در نظر گرفته می‌شود. مقدار تعرق به عنوان جزء مفید در سیستم حسابداری آب بعلاوه درنظر گرفته می‌شود مگر تعرق ناشی از علف‌های هرز. برای ارزیابی نتایج این کاربرگ نیز از نشانگرهای ارائه شده بصورت روابط (۶) تا (۹) استفاده شد (Karimi *et al*, 2013).

(رابطه۶) $$\text{نسبت تعرق} = \frac{\text{مقدار تعرق}}{\text{مقدار کل تبخیر تعرق}}$$

(رابطه۷) $$\text{نسبت تبخیر تعرق سودمند} = \frac{\text{تبخیر سودمند+تعرق سودمند}}{\text{مقدار کل تبخیر تعرق}}$$

(رابطه۸) $$\text{نسبت تبخیر تعرق مدیریت شده} = \frac{\text{تبخیر تعرق مدیریت شده}}{\text{مقدار کل تبخیر تعرق}}$$

(رابطه۹) $$\text{نسبت تبخیر تعرق کشاورزی} = \frac{\text{تبخیر تعرق کشاورزی}}{\text{مقدار کل تبخیر تعرق}}$$

ج) کاربرگ خدمات کشاورزی: این کاربرگ شامل دو قسمت مصرف آب و بهره‌وری آب مصرف شده است. با توجه به میزان تبخیر و تعرق بدست آمده برای هر نوع کاربری در منطقه (تفکیک چهار نوع کاربری در بخش دوم) میزان مصرف آب برای هر محصول و بهره‌وری آب بدست می‌آید. مقدار تولید زیست‌توده[5]، بهره‌وری آب[6]، عملکرد محصولات[7] و مقدار بهره‌وری محصولات[8]

1 - Proteced Land Use
2 - Utilized Land Use
3 - Modified Land Use
4 - Managed Water Use
5 - Biomass production
6 - Water Productivity
7 - Crop yield
8 - Crops WP

بدست می‌آید(روابط ۲ تا ۵). خروجی‌های کاربرگ مورد نظر نیز به‌طور مستقیم و با استفاده از محصول Wapor بدست می‌آید. این بخش توصیف کننده تولید محصول کشاورزی در هر واحد آب است که بهره‌وری زمین و بهره‌وری آب نمایش داده می‌شود. با توجه به مقدار تفکیک شده تبخیر از تعرق برای الگوی کشت منطقه با استفاده از الگوریتم‌های تبخیر تعرق، مقدار زیست‌توده تعیین می‌شود که به طور مستقیم از محصولWapor بدست می‌آید. سپس با استفاده از شاخص برداشت میزان زیست‌توده به شاخص زیست‌توده(عملکرد محصول) تبدیل می‌شود، در نهایت میزان بهره وری در +WA بر اساس شاخص زیست‌توده به‌دست می‌آید .زیست توده نتیجه فتوسنتز گیاه بوده و جزء تشکیل دهنده‌ی غذا، علوفه، تنوع زیستی و غیره است. به منظور ارزیابی نتایج این کاربرگ نیز از دو نشانگر بشرح زیر استفاده شد (Karimi *et al*, 2013).

(رابطه ۱۰)

$$\text{بهره‌وری زمین برای محصولات کشاورزی} = \frac{\text{شاخص زیست توده محصول}}{\text{مساحت کشت شده}}$$

(رابطه ۱۱)

$$\text{بهره‌وری آب برای محصولات فاریاب} = \frac{\text{شاخص زیست توده کشت فاریاب}}{\text{تبخیر و تعرق محصولات فاریاب}}$$

آمار و اطلاعات مورد نیاز

متناسب با اهداف مطالعه و به منظور تدوین سیستم حسابداری آب بعلاوه (+WA) و ارزیابی بهره‌وری آب و زمین، اطلاعات متنوعی مورد نیاز است که بدین منظور آمار و اطلاعات ایستگاه-های زمینی، کاربری اراضی و تصاویر ماهواره‌ای در حد لازم و موجود تهیه گردید. در ادامه شرح مختصری از این اقلام ارائه می‌گردد:

الف) کاربری اراضی و پوشش گیاهی (LULC[1]): یکی از مهمترین پارامترهایی که در سیستم حسابداری در تفکیک بخش‌های مفید و غیرمفید تبخیر و تعرق بکار برده می‌شود کاربری اراضی است که معمولاً از تصاویر ماهواره‌ای استخراج می شود. کاربری اراضی در این سیستم حسابداری آب مقدار تبخیر تعرق را در چهار بخش کاربری اراضی تفکیک می‌کند. مصرف آب در اراضی مدیریت شده (MWU)، در اراضی بهبود یافته (MLU)، در اراضی بهره‌برداری شده (ULU)، در اراضی حفاظت شده (PLU) برای ارزیابی تخلیه قابل مدیریت و غیر قابل مدیریت مفید است (Karimi *et al*., 2013). کاربری مصرف آب مدیریت شده شامل کلاس‌هایی از اراضی است که چرخه طبیعی آب در آن دستخوش تغییر شود مانند ایستگاه پمپاژ، زهکش، چاه، رودخانه و غیره. کاربری اراضی بهبود یافته شامل اراضی هستندکه برای اهداف انسانی بکار گرفته شده و پوشش گیاهی می‌تواند مدیریت گردد اما در مدیریت آب نقشی ندارد. مانند جاده‌های بهبود یافته، باغ‌های خانگی و غیره. کاربری اراضی بهره‌برداری شامل کاربری هایی است که خدمات اکوسیستم را ارائه می‌دهند و دخالت اندکی توسط انسان در آن وجود دارد. مثل جنگل‌ها و غیره. کاربری اراضی حفاظت شده شامل کاربری‌هایی است که در برابر دخالت‌های انسان محافظت می‌شوند و انسان نقشی در مدیریت آب یا خاک آن ندارد. مانند اکوسیستم‌های طبیعی و غیره. در شکل (۲-الف) تفکیک کاربری اراضی در حوضه آبریز پلاسجان نمایش داده شده است. برای تحلیل میزان بهره‌وری در هر کلاس، کاربری اراضی یک محصول به عنوان محصول نماینده جهت تحلیل عملکرد و نیاز آبی انتخاب شد. انتخاب محصول نماینده براساس حداکثر سطح زیرکشت براساس سالنامه آماری کشاورزی در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ انتخاب شد. گندم آبی و دیم برای گروه غلات، لوبیای آبی و نخود دیم برای گروه حبوبات، سیب‌زمینی برای محصولات ریشه‌ای، بادام برای باغات، یونجه برای محصولات تغذیه‌ای، چغندرقند برای محصولات قندی و پیاز به عنوان نماینده گروه سبزیجات انتخاب شده است. با توجه به سالنامه کشاورزی سازمان جهادکشاورزی استان اصفهان میزان عملکرد و سطح زیرکشت در منطقه استخراج گردید.

ب) تبخیر و تعرق: تبخیر تعرق از مؤلفه‌های اصلی بیلان آبی هر منطقه و همچنین از عوامل کلیدی برای برنامه ریزی درست و مناسب آبیاری در بهبود بازده آب مصرفی در اراضی فاریاب است. تبخیر و تعرق و تفکیک این دو بخش از هم به‌عنوان جز مهم در بیلان به عنوان آب مصرفی بیان می‌گردد. آب مصرفی شامل تبخیر و تعرق از محصولات، خاک، جنگلها، مناطق شهری و پوشش‌گیاهی طبیعی است. به منظور محاسبه تبخیر و تعرق در حوضه آبریز پلاسجان با توجه به صحت‌سنجی صورت گرفته در حوضه زاینده‌رود، محصول Wapor فائو جهت تعیین تبخیر تعرق در کاربری‌های مختلف حوضه استفاده می-گردد. رابطه اصلاحی برای محاسبه تبخیروتعرق در سطح حوضه بصورت رابطه (۱۲) ارائه شده است (Rahimpour *et al*., 2018).

$$ET_{ev}=1.1587\ ET_{m}-0.46 \qquad \text{(رابطه ۱۲)}$$

در این رابطه ET_{ev} مقدار تبخیروتعرق اصلاح شده و ET_m نیز مقدار تبخیروتعرق محصول wapor فائو است. پایگاه داده WaPOR v1.0 شامل اطلاعات در سه وضوح مختلف مکانی است. در سطح قاره، داده‌ها با وضوح ۲۵۰ متر در دسترس هستند (سطح ۱). برای کشورها و حوضه‌های انتخاب شده، داده ها با

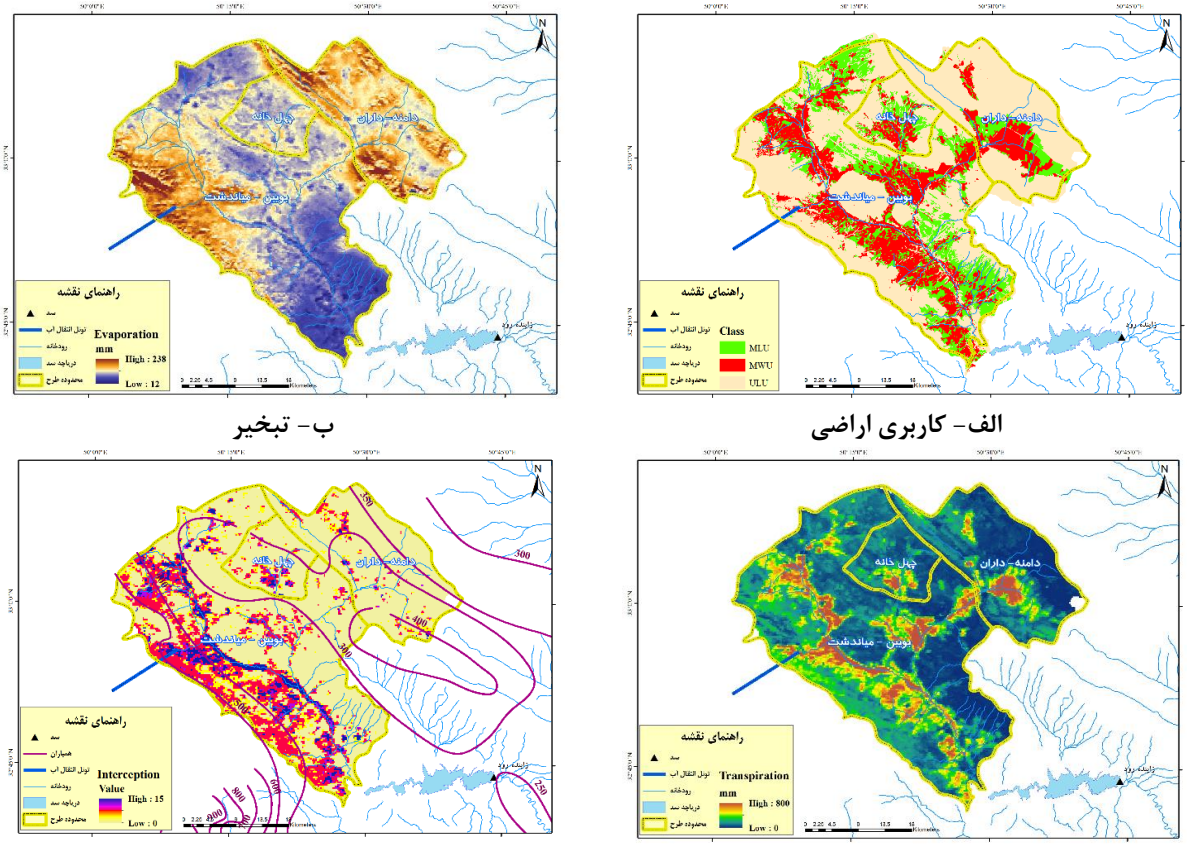
1- Land Use Land Cover

وضوح ۱۰۰ متر در دسترس هستند (سطح ۲). برای تجزیه و تحلیل دقیق بهره‌وری آب محصول برای سیستم‌های آبیاری انتخاب شده، داده‌های وضوح ۳۰ متر در دسترس است (سطح ۳). برای این مطالعه ما از داده های سطح ۲ (وضوح ۱۰۰ متر) استفاده کردیم. میزان تبخیر تعرق واقعی در محصول Wapor فائو از طریق الگوریتم ETLook اندازه‌گیری می‌شود. مدل ETLook بر پایه معادله پنمن-مانتیث بنا گردیده که با اندکی تغییر از این معادله و ترکیبی از اطلاعات سنجش از دور (شامل NDVI، آلبیدوی سطحی، رطوبت خاک، تابش خورشیدی، پوشش سطح زمین و مدل ارتفاعی رقومی) و داده‌های هواشناسی (شامل دما، رطوبت، سرعت باد و بارش) جهت براورد تبخیرتعرق واقعی استفاده می‌شود. این محصول با قدرت زمانی ۱۰ روزه وسالانه و قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر در اختیار است. در شکل (۲-ب) میزان تبخیر و در شکل (۲-ج) میزان تعرق در حوضه آبریز پلاسجان نمایش داده شده است.

ج) برگاب: برگاب هنگامی رخ می دهد که برگ‌ها به اندازه کافی بزرگ باشند تا بتوانند قطرات باران را بگیرند و از ریزش باران روی زمین جلوگیری کنند. برگاب روی برگها بلافاصله در جو تبخیر می‌شود. این یک جز از تبخیر کامل است و این فرآیند انرژی می‌گیرد که بر تبخیر خاک و تعرق تأثیر می‌گذارد. بنابراین این فرایند در طول این مطالعه مورد توجه قرار می‌گیرد. این پارامتر از محصول Wapor که به صورت لایه‌های خروجی استخراج می‌شود. در شکل (۲-د) میزان برگاب در حوضه آبریز پلاسجان نمایش داده شده است.

د) بارش: بررسی تصاویر ماهواره‌ای GPM با توجه به سطح کوچک حوضه و بزرگ بودن شبکه بارش (۱۰ کیلومتر)، امکان استفاده مناسب از این تصاویر وجود ندارد لذا از آمار ایستگاه‌های سنجش بارش در کل حوضه گاوخونی استفاده و میزان بارش در حوضه پلاسجان تعیین می‌شود. لذا با استفاده از خطوط همباران میزان بارش در کاربری‌های مختلف تعیین شد. در شکل (۲-د) منحنی‌های همبارش منطقه ترسیم شده است.

ه) بررسی برداشت آب منطقه: با توجه به نتایج آخرین آماربرداری سراسری منابع و مصارف آب، آمار و اطلاعات مربوطه از شرکت آب منطقه‌ای استان اخذ خواهد شد. این اطلاعات بصورت مکانی برآوردی از میزان برداشت آب در بخش‌های مختلف حوضه را خواهد داشت.

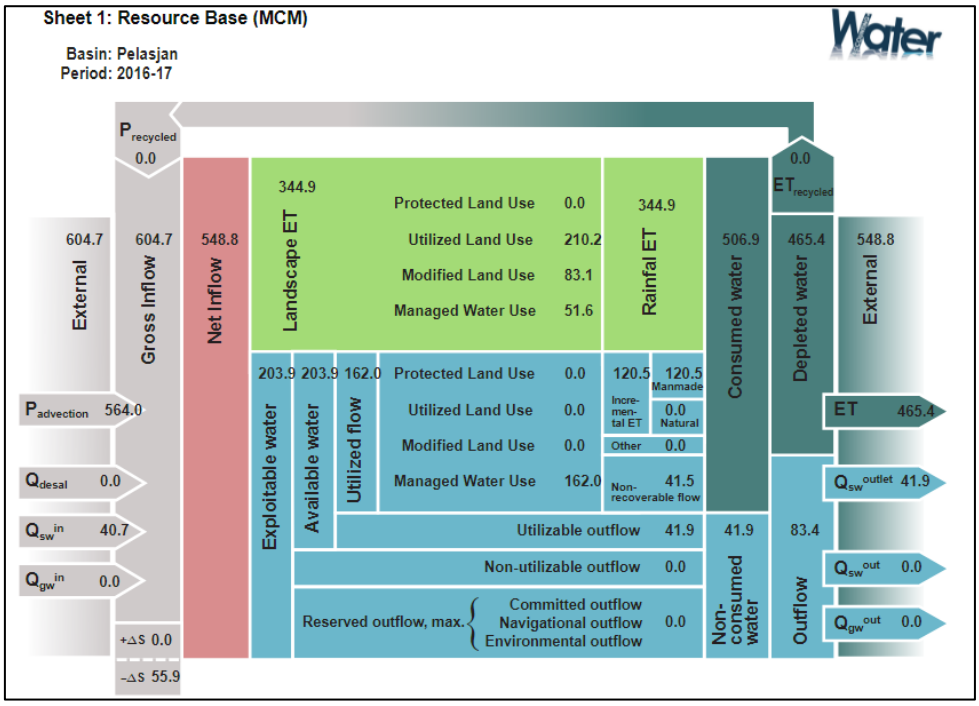


شکل ۲- نقشه‌های مکانی مورد نیاز در چارچوب +WA

نتایج و بحث

کاربرگ منابع آب

براساس نتایج استخراجی از تصاویر ماهواره‌ای مشخص گردید که سالانه ۴۰۳ میلیون مترمکعب (MCM) تبخیر و تعرق از سطح حوضه آبریز انجام می‌گیرد که با توجه به مطالعات رابطه اصلاحی تبخیر و تعرق در منطقه (رابطه (۱۲)) این میزان ۴۶۵/۵ میلیون‌مترمکعب برآورد می‌شود. حجم ۱۷۲/۱ MCM از این مقدار، صرف تبخیر و تعرق در مناطق آب مدیریت شده (MWU) می‌شود که با توجه به سری زمانی بارش ماهانه و ارزیابی میزان بارش موثر در حوضه مشخص گردید که ۵۱/۶ میلیون‌مترمکعب در اراضی دیم و ۱۲۰/۵ میلیون‌مترمکعب در اراضی فاریاب مصرف می‌شود. براین اساس حجم جریان ناخالص حوضه میزان ۵۴۹ MCM است که حجم آب قابل بهره‌برداری مقدار ۲۰۴ MCM محاسبه شد. با توجه به جریان انتقالی ورودی از چشمه لنگان (۴۰/۷ م.م.) و جریانات سطحی حوضه که می‌بایست برای تامین آب سد زاینده‌رود درنظر گرفته شود مقدار ۴۱/۹ میلیون‌مترمکعب جریانات سطحی از حوضه خارج و به مخزن سد وارد می‌شود. با توجه به بیلان منابع آب زیرزمینی در منطقه (بیلان براساس آماربرداری مرحله دوم) که کسری ۵۶ میلیون مترمکعبی وجود دارد این حجم به عنوان کسری مخزن در کاربرگ منابع و مصارف وارد می‌شود. در شکل (۳) کاربرگ منابع و مصارف آب در حوضه پلاسجان ارائه شده است.



شکل ۳- کاربرگ منابع پایه- MCM

ارزیابی بیلان هیدروکلیماتولوژی

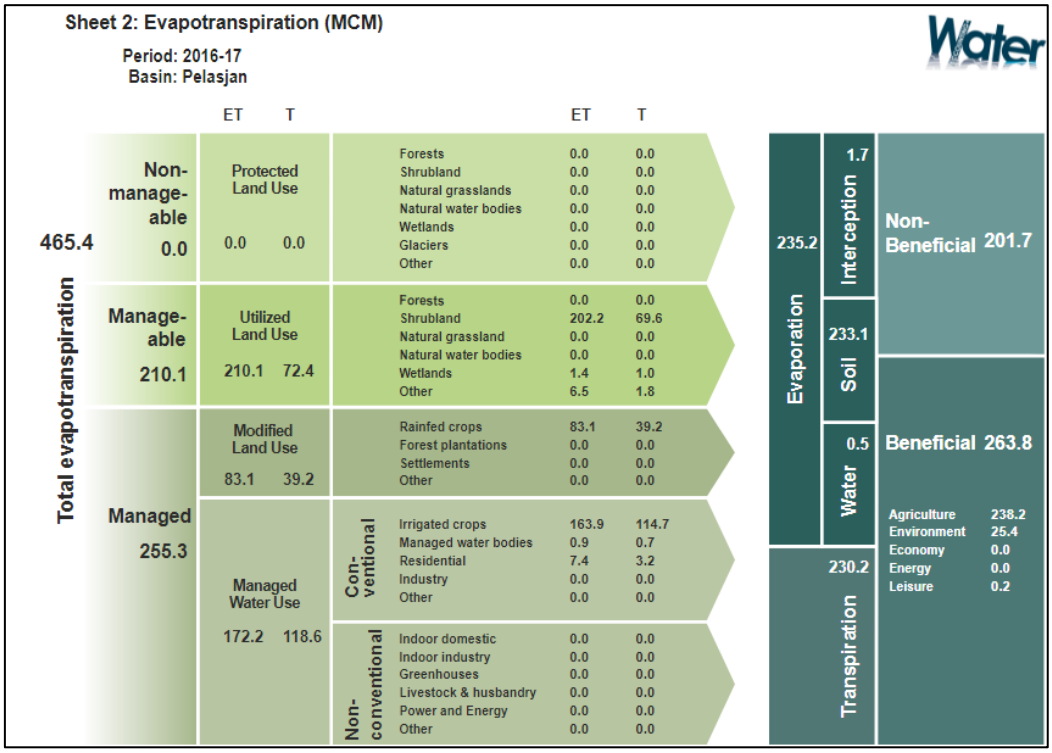
با توجه به نتایج بدست آمده از کاربرگ اول سیستم WA+، ارزیابی و مقایسه بین نتایج کاربرگ منابع پایه و بیلان هیدروکلیماتولوژی منطقه انجام گرفت. بررسی‌ها نشان می‌دهد تنها پارامتر تبخیروتعرق و بارش با استفاده از کاربرگ منابع پایه در سیستم WA+ قابلیت مقایسه را دارند. میزان رواناب براساس سیستم WA+ در کاربرگ منابع آب سطحی (کاربرگ ۵) بدست خواهد آمد. لذا با در نظر گرفتن سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ و استفاده از منحنی‌های همباران در هر دو روش، میزان ورودی در هر دو رویکرد یکسان در نظر گرفته می‌شود. در بیلان هیدروکلیماتولوژی برای محاسبه تبخیروتعرق از روش تجربی تورنت وایت استفاده می‌شود و در سیستم WA+ با استفاده از محصول Wapor تحلیل می‌گردد. در جدول (۳) مولفه‌های بیلان هیدروکلیماتولوژی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بین مقدار تبخیروتعرق در دو روش اختلاف وجود دارد که این اختلاف حدود ۱۱۰ میلیون‌مترمکعب محاسبه شده است.

جدول ۳- مقایسه پارامترهای بیلان هیدروکلیماتولوژی-MCM

بیلان	بارندگی	تبخیر و تعرق از بارندگی	رواناب	نفوذ
بیلان هیدروکلیماتولوژی	۵۶۴	۳۵۵/۳	۹۵/۸	۱۱۲/۸
سیستم +WA	۵۶۴	۴۶۵/۵	--	--

کاربرگ تبخیر و تعرق

براساس سه نوع کاربری اراضی در حوضه آبریز پلاسجان، میزان تبخیر، تعرق و برگاب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای هر نوع کاربری در منطقه استخراج و در کاربرگ تبخیروتعرق اعمال گردید. در شکل (۴) نتایج کاربرگ نمایش داده شده است. میزان تعرق به عنوان بخشی از تبخیروتعرق مفید و بخشی از تبخیر از سطح خاک و تبخیر از سطوح آبی به عنوان تبخیروتعرق مفید در نظر گرفته می‌شود. کل مقدار تبخیروتعرق در این کاربرگ می‌بایست با مقدار تبخیروتعرق در سه نوع کاربری در کاربرگ اول نیز همخوانی داشته باشد.



شکل ۴- کاربرگ تبخیرو تعرق

نتایج بدست آمده از کاربرگ دوم نشان می‌دهد که از حجم ۴۶۵/۴ میلیون‌مترمکعب تبخیروتعرق، میزان ۲۶۴/۳ میلیون مترمکعب بصورت مفید و ۲۰۱/۱ میلیون مترمکعب بصورت غیرمفید در سطح حوضه پلاسجان استفاده می‌شود. بیشترین حجم تبخیروتعرق غیرمفید مربوط به کاربری اراضی بهره‌برداری (ULU) می‌شود. کمترین میزان تبخیر از سطوح آبی و بستر رودخانه‌ها و تالاب‌های منطقه به میزان ۰/۵ میلیون‌مترمکعب و بیشترین میزان تبخیر از سطوح خاک به میزان ۲۳۲/۷ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. با توجه به مقدار بالای تبخیر و تعرق غیرمفید تدوین راهکارهایی در جهت کاهش میزان تبخیر از سطوح خاکی در کاربری‌های مختلف می‌تواند باعث افزایش بهبود بهره‌برداری گردد. از میزان حجم ۲۶۴/۳ میلیون‌مترمکعب تبخیر و تعرق مفید حوضه، حجمی بالغ بر ۲۳۸/۱ میلیون‌مترمکعب در جهت تامین مصارف کشاورزی و ۲۶ میلیون مترمکعب برای تامین نیازهای زیست محیطی منطقه تامین می‌شود.

کاربرگ خدمات کشاورزی

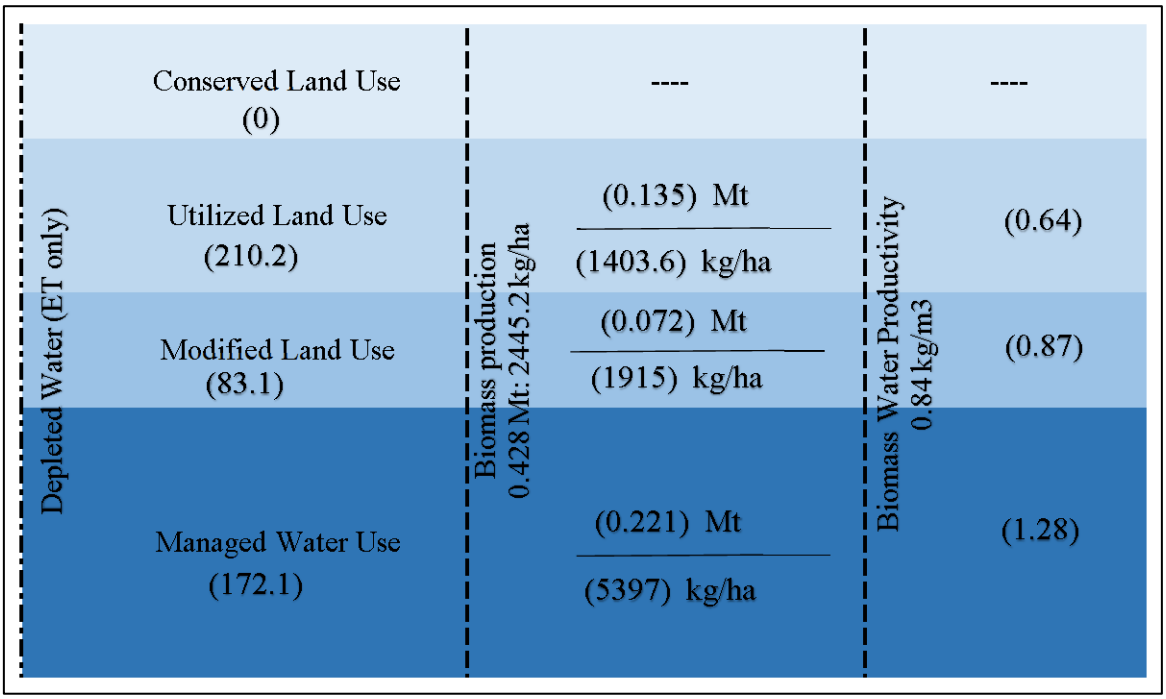
در کاربرگ سوم، برای هر کلاس کاربری اراضی در اراضی کشاورزی حوضه با استفاده از پایگاه اطلاعاتی wapor میزان بیوماس تولیدی استخراج می‌شود. سپس با توجه به مقادیر سطح زیرکشت و عملکرد محصولات، میزان بهره‌وری آب و زمین در کاربرگ سوم مطابق شکل (۵) محاسبه شد.

بررسی نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد در کاربری آب مدیریت شده و به میزان ۵۳۹۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که

با توجه به این میزان عملکرد، بیشترین میزان بهره‌وری آب در این مناطق و به میزان ۱/۲۸ کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب بدست آمد. میزان بهره‌وری آب در اراضی بهره‌برداری شده نیز کمترین میزان و به مقدار ۰/۶۴ بدست آمد.

نشانگرهای سیستم حسابداری آب

پس از ارزیابی و محاسبه سه کاربرگ منابع پایه (کاربرگ اول)، تبخیروتعرق (کاربرگ دوم) و خدمات کشاورزی (کاربرگ سوم)، مطابق جدول (۴) نشانگرهای این سیستم محاسبه شده است.



شکل ۵- کاربرگ بهره‌وری آب و زمین

جدول ۴- نشانگرهای سیستم +WA

ردیف	نشانگر	مقدار
۱	نسبت آب قابل بهره‌برداری	۰/۴۷
۲	نسبت تغییرات ذخیره	۰/۱۵
۳	نسبت اب در دسترس	۱
۴	بسته شدن حوضه	۰/۴
۵	نسبت تعرق	۰/۵
۶	نسبت تبخیروتعرق سودمند	۰/۵۷
۷	نسبت تبخیروتعرق مدیریت شده	۰/۵۵
۸	نسبت تبخیروتعرق کشاورزی	۰/۵۱
۹	بهره‌وری زمین برای محصولات کشاورزی	۰/۱۴
۱۰	بهره‌وری آب برای محصولات فاریاب	۳۱/۳

بررسی نتایج مستخرج از نشانگرها نشان می‌دهد که میزان اب قابل بهره‌برداری کمتر از ۵۰٪ حجم منابع آبی منطقه است و نشان‌دهنده اینست که حجم بیشتری از منابع آبی استفاده نشده-است. همچنین حوضه از نظر نشانگر بسته بودن، هنوز بسته نشده‌است و امکان توسعه در آینده را دارد. نسبت تعرق حوضه حاکی از اینکه نیمی از مصارف صرف تبخیر از خاک، آب و برگاب می‌شود که غیرمفید است. سایر نشانگرهای بخش تبخیرتعرق نشان‌دهنده امکان مدیریت بر روی این بخش از مصارف است.

همچنین میزان بهره‌وری زمین می‌تواند با استفاده از تمهیدهای مدیریتی مناسب افزایش یابد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه به ارزیابی میزان تبخیروتعرق و بهره‌وری آب در حوضه آبریز پلاسجان در شمال غرب سد زاینده‌رود در حوضه آبریز گاوخونی مورد بررسی قرار گرفت. رویکرد استفاده شده در این سیستم استفاده از محصولات تصاویر ماهواره و داده‌های زمینی جهت پیاده‌سازی است. پس از ارزیابی از پارامترهای ورودی حوضه، حجم جریان ورودی به منطقه MCM ۵۴۸/۸ تخمین زده شد. با استفاده از محصولات Wapor و ارزیابی تبخیروتعرق حوضه، مشخص گردید حجم MCM ۴۶۵/۵ صرف تبخیر و تعرق می گردد. که از این حجم با توجه به تنوع کاربری‌های موجود در سطح حوضه، MCM ۱۷۲/۱ صرف تبخیر و تعرق از مصارف آب در اراضی مدیریت‌شده (کشاورزی) می‌گردد. بررسی جریان‌های خروجی از حوضه که عملاً جریان سد زاینده‌رود را تامین می‌کند نشان داد که حجم حدود ۴۱/۹ میلیون مترمکعب آب وارد دریاچه سد می‌شود. بررسی میزان تبخیر، تعرق و برگاب در حوضه نشان داد که حجم MCM ۲۶۴/۳ از تبخیروتعرق بصورت مفید و

حجم MCM ۲۰۱/۱ بصورت غیرمفید ناشی از تبخیر از خاک و برگاب مصرف می‌شود. همچنین نتایج کاربرگ تبخیروتعرق نشان داد که ۲۳۸ میلیون‌مترمکعب از حجم مفید تبخیر در اراضی کشاورزی صرف شده است میزان بهره‌وری آب در منطقه نیز در کاربرگ سوم نشان داد که بیشترین میزان بهره‌وری آب در اراضی مدیریت شده (MWU) و به میزان ۱/۲۸ کیلوگرم در هکتار است. همچنین در این مطالعه ارزیابی کاربرگ‌ها با استفاده از نشانگرهای موجود نشان داد که کل آب موجود در حوضه به مصرف نرسیده است و حوضه پتانسیل استفاده بیشتر از آب موجود را با استفاده از تمهیدات مدیریتی مناسب دارد. نتایج این مطالعه نشان‌داد که با بدست آوردن تبخیر تعرق در هر کاربری در ساختار +WA، محاسبه وضعیت بیلان منابع و مصارف آب در سطح حوضه با دقت بالاتری براورد می‌شود و همچنین استفاده از سنجش از دور در شرایط کمبود داده می‌تواند در محاسبه وضعیت مصارف آب و بهره‌وری کارایی زیادی داشته باشد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Droogers, P., Simons, G., Bastiaanssen,W., Hoogeveen,J. (2010) Water Accounting Plus (WA+) in the Okavango River Basin.

Giordano, M., Scheierling, S.M., Tréguer, D.O., Turral, H. and McCornick, P.G. (2019) Moving beyond 'more crop per drop': insights from two decades of research on agricultural water productivity. *International Journal of Water Resources Development*, pp.1-25.

Guerschman, Juan Pablo, Albert IJM Van Dijk, Guillaume Mattersdorf, Jason Beringer, Lindsay B. Hutley, Ray Leuning, Robert C. Pipunic, and Brad S. Sherman. (2009) 'Scaling of Potential Evapotranspiration with MODIS Data Reproduces Flux Observations and Catchment Water Balance Observations across Australia'. *Journal of Hydrology*, 369 (1): 107–19.

Hunink, J., Simons, G., Suárez-Almiñana, S., Solera, A., Andreu, J., Giuliani, M., Zamberletti, P., Grillakis, M., Koutroulis, A., Tsanis, I. and Schasfoort, F. (2019) A simplified water accounting procedure to assess climate change impact on water resources for agriculture across different European river basins. *Water*, 11(10), p.1976.

Karimi, P., Bastiaanssen, W.G. and Molden, D. (2013) Water Accounting Plus (WA+)--a water accounting procedure for complex river basins based on satellite measurements. *Hydrology & Earth System Sciences*, 17(7).

Karimi, P., Bastiaanssen, W.G.M., Sood, A., Hoogeveen, J., Peiser, L., Bastidas-Obando, E. and Dost, R. (2014) Spatial evapotranspiration, rainfall and land use data in water accounting–Part 2: Reliability of water accounting results for policy decisions in the Awash basin. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 11, pp.1-44.

Khaleghi, N. (2016) Comparison of effective rainfall estimation methods in agriculture. *Journal of water and sustainable Development*, 2(2), pp 51-58. [In Farsi].

Kiyani, A., Sedaghatdost, A. (2016) Water efficiency and ways to improve it. *Agricultural Research*, Education and Extension Organization, Deputy for Extension, Agricultural Education Publication. [In Farsi]

Molden, D. (1997) Accounting for Water Use and Productivity, SWIM Paper 1, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R. and Makin, I. (2003) A water-productivity framework for understanding and action. Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement, (1).

Peiser, L and Bastiaanssen, W. G. M. (2015) Analysis on Water Availability and Uses in Afghanistan River Basins: Water Accounting through Remote Sensing (WA+) in Helmand River Basin. FAO project TCP /AFG/3402.

Rahimpour, M., Karimi, N., Roozbahani, R., Eftekhari, M. (2018) Validation and Calibration of FAO's WaPOR Product (Actual Evapotranspiration) in Iran Using In-Situ Measurements. *Iran water resource research journal*, 14(2). Pp249-262 [In Farsi].

UN: System of Environmental Economic Accounting for Water, United Nation Statistics Division, Geneva. (2007).

WASB (Water Accounting Standards Board). (2014) Water accounting conceptual framework for the preparation and presentation of general purpose water accounting reports.