

ارزیابی عملکرد آب در اکوسیستم های حوضه آبخیز قره سو بر مبنای الگوی کاربری اراضی و پوشش سرزمین

فرهان احمدی میرقائد^{۱*}

f.ahmadi.m@gmail.com

مرجان محمدزاده^۲

عبدالرسول سلمان ماهینی^۳

سید حامد میر کریمی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۱

چکیده

زمینه و هدف: تولید آب یکی از ارزشمندترین خدمات اکوسیستم ها است که حیات موجودات به شدت تحت تأثیر شرایط آن قرار دارد. محدودیت ذاتی تولید آب و مصرف بی رویه آن چالشی عظیم در جهان ایجاد کرده است. بنابراین، ضروری است در راستای حفظ و تنظیم چرخه های آبشناختی، توسعه هر منطقه هماهنگ با پتانسیل آبی آن انجام شود. این مطالعه با هدف ارزیابی عملکرد آب در حوضه آبخیز قره سو واقع در استان گلستان بر مبنای الگوی کنونی کاربری اراضی و پوشش سرزمین صورت پذیرفت تا سهم نسبی سیمای این منطقه در میزان تولید، مصرف و ذخیره آب مشخص شود.

روش بررسی: در این مطالعه، ابتدا داده های اقلیم و آب و هوا (دوره ۳۰ ساله)، هیدرولوژی، خاک، کاربری اراضی و پوشش سرزمین (۱۳۹۴-۱۳۹۰) از محدوده مطالعاتی تهیه گردید. سپس، با تجزیه و تحلیل آن ها، مدل سازی عملکرد آب از دیدگاه رویکرد خدمات اکوسیستمی، با استفاده از مدل InVEST و بر مبنای الگوی کاربری اراضی و پوشش سرزمین صورت پذیرفت.

یافته ها: نتایج نشان داد که میانگین تولید آب در هر هکتار کاربری های انسان ساخت، جنگل داری، مرتع داری، کشاورزی و مناطق آبی به ترتیب حدود ۱۱۱۵، ۸۴۰، ۵۵۶، ۹۵۳ و ۹۰۹ متر مکعب و میزان میانگین مصرف آب نیز به ترتیب حدود ۷۳۵، ۵۵۵، ۴۹۶، ۷۸۲ و ۶۷۷ متر مکعب در هکتار است.

بحث و نتیجه گیری: نتایج نشان می دهند بخش های میانی حوضه بیشترین سهم را در میزان تولید آب حوضه دارند و تا حدود زیادی تحت تأثیر کاربری های انسان ساخت و کشاورزی قرار دارند. همچنین، بیشترین مقدار مصرف آب نیز در ازای کاربری های کشاورزی و توسعه انسان ساخت اتفاق می افتد و بیانگر این واقعیت هستند که سهم عمده مصرف آب در آبخیز متأثر از شدت فعالیت های انسانی است.

واژه های کلیدی: خدمات اکوسیستم، عملکرد آب، کاربری اراضی، پوشش سرزمین، InVEST.

^۱ استادیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم دریایی و محیط زیست، دانشگاه مازندران، بابل سر، ایران * (مسئول مکاتبات)

^۲ دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

^۳ استاد گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

^۴ دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

Water yield modeling in ecosystems of Gharahsoo Watershed based on land use and land cover pattern

Farhan Ahmadi Mirghaed^{1*}

f.ahmadi.m@gmail.com

Marjan Mohammadzadeh²

Abdolrassoul Salmanmahiny³

Seyed Hamed Mirkarimi⁴

Accepted Date: December 8, 2016

Date Received: October 2, 2016

Abstract

Background and propose: Water production is one of the most important and valuable ecosystem services and its conditions affect human life and other organisms. The great challenge has now been created in the world due to inherent limitation of freshwater production and its inappropriate consumption in terms of land use types and human activities. Thus, it is necessary that development levels become adjusted to freshwater potential in any region to maintain the balance in hydrological cycle. The objective of this study is water yield assessment of Gharahsoo Watershed based on current land use and land cover (LULC) pattern. Hence, we determined the production, consumption and supply ratio of freshwater relative to the watershed's ecosystems.

Materials and Methods: In this research, the data of the study area such as climate and weather (for a period of 30 years), hydrology, soils, land use and land cover (2011-2015) were prepared. After data analysis, water yield modeling was considered based on ecosystem services approach and its model in Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST) environment.

Results: The results showed that the average water production per hectare of land in built-up areas, forests, rangelands, agricultural lands and water bodies are around 1115, 840, 556, 953 and 909 cubic meters, respectively. Also, the average water consumption for the said land use/covers were found to be around 735, 555, 496, 782 and 677 cubic meters per hectare, respectively.

Conclusion: The results revealed that built-up and agricultural land uses are located in zones that have the highest share of water production. Also, the highest quantity of water volume was consumed in built-up and agricultural land uses because of the human activities.

Keywords: Ecosystem services, Water yield, Land use, Land cover, InVEST.

¹ Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Marine and Environmental Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran * (*Corresponding Author*)

² Associate Professor, Faculty of Fisheries and Environmental sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

³ Professor, Faculty of Fisheries and Environmental sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

⁴ Associate Professor, Faculty of Fisheries and Environmental sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

زمینه و هدف:

در سرتاسر جهان، انسان برای رفاه و تأمین نیازهای خود به طبیعت وابسته است و این فرآیند تا حدود زیادی تحت تأثیر شرایط و وضعیت حاکم بر محیط زیست قرار دارد. جهان طبیعی منافع مختلف معنوی و تفریحی را فراهم می‌کند و منبع تأمین نیازهای بدیهی مانند غذا و آب سالم و خدمات دیگری مانند تولید و پالایش آب و هوا است. عملکرد اکوسیستم‌های آبی و خشکی از جمله رودخانه‌ها، تالاب‌ها، جنگل‌ها و اراضی کشاورزی نقشی اساسی در اقتصاد ملی و جهانی ایفا می‌کنند. همچنین فرآیندهای طبیعی عملکردهای مختلفی از جمله پالایش آب و هوای جهانی، تولید بیولوژیکی، تنوع ژنتیکی و حفاظت در برابر مخاطرات طبیعی مانند سیل و زلزله را برای ساکنان محیط‌زیست ایجاد کرده‌اند. بنابراین، باید اذعان داشت که رشد و پیشرفت جمعیت انسانی به کمک خدمات اکوسیستمی طبیعت اتفاق می‌افتد و نادیده انگاشتن این خدمات در تصمیم‌گیری‌های دولتی و خصوصی، زندگی انسان‌ها را تهدید و مانع رسیدن به آرمان‌های بشری برای حیات نسل کنونی و آینده خواهد شد (۱، ۲ و ۳).

در برنامه‌ریزی‌های توسعه تاکنون، حوزه کامل وابستگی انسان به منافع طبیعت و خدمات اکوسیستم بندرت مورد محاسبه قرار گرفته است. در حالیکه، شناسایی ارتباط بین خدمات اکوسیستم و اهداف توسعه می‌تواند تفاوت بین یک استراتژی موفق و غیر موفق را به دلیل اثرات بررسی نشده یک نوع خدمات اکوسیستم نشان دهد. ضمن آنکه از طریق تمرکز بر خدمات اکوسیستم، می‌توان به چگونگی ارتباط توسعه و حفاظت اکوسیستم‌ها و سرمایه‌گذاری در جهت برنامه‌ریزی، مدیریت و بازسازی آن‌ها دست یافت (۳ و ۴).

یکی از ارزشمندترین و مهمترین خدمات اکوسیستم‌ها تولید آب است. آب یگانه عنصری است که تولید مواد غذایی، توسعه اقتصادی و بقای موجودات زنده به آن وابسته است. وابستگی شدید حیات انسان و موجودات دیگر به آب و فرآیندهای هیدرولوژیکی اجتناب ناپذیر است. اکوسیستم‌ها نیاز موجودات زنده برای آب را با تنظیم چرخه آب، فیلتر کردن ناخالصی‌ها و تنظیم فرسایش خاک در آب انجام می‌دهند. رشد جمعیت و توسعه اقتصادی به توسعه سریع برداشت از منابع آبی منجر شده است. نیازهای آبیاری در بخش کشاورزی و مصرف آب در صنعت و مناطق مسکونی هزینه‌هایی برای رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب داشته است که ارائه تفریح و سرگرمی، ارزش زیبایی، تنوع زیستی و چرخه طولانی مدت آب را در این موارد مختل کرده است. هر چند منابع آب شیرین یکی از خدمات اکوسیستمی تجدید شونده کره زمین هستند، با این حال،

تصفیه، انتقال و هزینه حفاظت از آن گران و پرهزینه است. بنابراین نیاز است در راستای حفاظت از منابع آبی اکوسیستم‌ها، دسترسی به منابع آب شیرین و جلوگیری از تخریب و کاهش این منابع توسعه هماهنگ با ظرفیت خدمات اکوسیستمی صورت پذیرد (۴ و ۵).

در راستای ارزیابی و ارزشیابی خدمات اکوسیستم مطالعات زیادی صورت گرفته است. Vigerstol and Aukema (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به مقایسه مدل‌های مناسب برای مدل‌سازی خدمات اکوسیستمی تولید آب پرداختند. در این مطالعه مدل‌های InVEST^۱، SWAT^۲، ARIES^۳ و VIC^۴ مورد مقایسه قرار گرفتند و به ویژگی‌های این مدل‌ها از جمله میزان داده‌های ورودی مدل و تخصص لازم جهت استفاده از آن‌ها اشاره شد (۶). Koschke و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی با طراحی سناریوهایی بر اساس خدمات تولیدی و آبخیز اکوسیستم از جمله تصفیه آب، حفظ خاک و آب، تولید غذا و کالا به ارزیابی سرزمین برای حفاظت منابع آبی پرداختند و در نهایت ذکر کردند که با مدنظر قرار دادن خدمات اکوسیستم در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی سرزمین می‌توان استراتژی‌های حفاظتی منابع را ارتقاء داد (۷). Nelson و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی با بکارگیری مدل InVEST در ارزیابی خدمات اکوسیستم، تنوع زیستی و تولید مواد را با طراحی سه سناریو بر اساس تغییر پوشش گیاهی، کاربری اراضی و حفاظت پیش‌بینی نمودند و اذعان داشتند که کمی کردن خدمات اکوسیستم و برهمکنشی بین آن‌ها می‌تواند تصمیم‌گیری مدیریت منابع طبیعی را کارآمد و قابل دفاع نماید (۸).

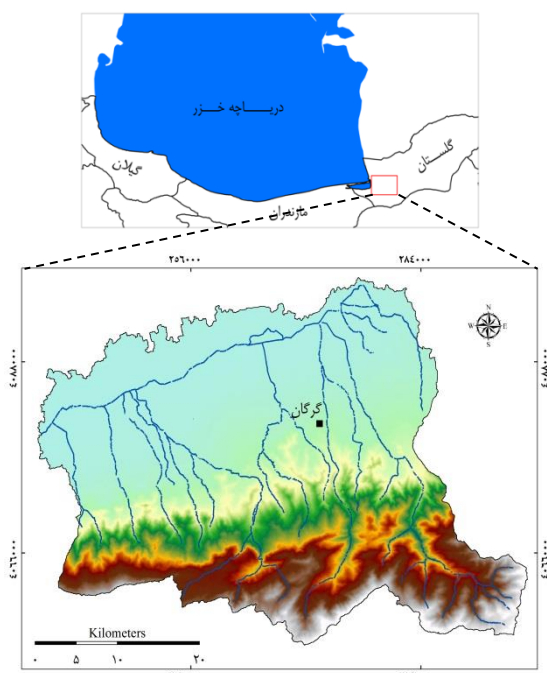
حوضه آبخیز قره‌سو از آبخیزهای استان گلستان، از یک سو، به عنوان منبعی مهم در تأمین آب آشامیدنی، مصارف صنعتی و کشاورزی منطقه و نیز از ورودی‌های اصلی دریاچه خزر به عنوان اکوسیستمی استراتژیک در شمال ایران، به شمار می‌رود و از سوی دیگر، از نظر اکولوژیکی و فرهنگی توان مناسب جهت توسعه گردشگری و دیگر کاربری‌های مجاز در این منطقه را دارا می‌باشد. لذا مدیریت منابع و خدمات اکوسیستمی این منطقه از جمله تولید آب شیرین و استفاده منطقی از آن‌ها حایز اهمیت است. بخش اعظم این منطقه به ویژه در نیمه شمالی آن به کاربری‌های کشاورزی و توسعه شهری و روستایی اختصاص یافته است که در نتیجه چنین فعالیت‌هایی منابع آب و خاک بشدت تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. تراکم زیاد انواع فعالیت‌های انسانی و بار جمعیتی ساکن در این حوضه، قطعاً محدودیت‌های

¹ Integrated valuation of ecosystem services and tradeoffs

² Soil and water assessment tool

³ Artificial intelligence for ecosystem services

⁴ Variable infiltration capacity



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی.

Figure 1: Location of the study area.

روش تحقیق:

در این مطالعه، ارزیابی عملکرد منابع آبی اکوسیستم‌های حوضه آبخیز قره‌سو بر مبنای الگوی مکانی کاربری اراضی و رویکرد خدمات اکوسیستمی به عنوان هدف تحقیق مورد توجه قرار گرفت تا بر اساس آن سهم نسبی هر قسمت از سیماهای منطقه در عملکرد آب^۱ حوضه مشخص شود. رویکرد خدمات اکوسیستمی مورد استفاده در این تحقیق بر مبنای مدل InVEST است و ارزیابی عملکرد آب منطقه مطالعاتی بر مبنای داده‌ها و اطلاعات ورودی به منظور اجرای این مدل انجام شده است. ابتدا، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز شامل محدوده حوضه آبخیز و زیر حوضه‌های آن (شکل ۲)، کاربری فعلی اراضی (شکل ۳)، میانگین بارندگی سالیانه، میزان تبخیر و تعرق مرجع، عمق محدوده کننده خاک، مقدار آب قابل دسترس گیاهی در خاک، ضریب تبخیر و تعرق گیاهی، ضریب تغییرات فصلی و میزان تقاضای آب در هکتار برای هر نوع کاربری، بر اساس اطلاعات موجود و منابع کتابخانه‌ای (۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲) تهیه و آماده‌سازی آن‌ها در محیط نرم‌افزاری IDRISI Selva انجام شد. داده‌های مرتبط با اقلیم و آب و هوا در بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۶۵) و اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، خاک، هیدرولوژی و کاربری اراضی در بازه

زیادی در استفاده درست از منابع آبی آن ایجاد کرده‌اند. این موارد بر چرخه آبشناختی آبخیز تأثیر گذار بوده و ادامه این روند شرایط تجدید و توسعه منابع آبی منطقه را مختل خواهد کرد. این موارد گویای این واقعیت است که برای حفاظت و توسعه منابع آبی، شناسایی پتانسیل حوضه و میزان تولید و مصرف آب در منطقه باید مورد توجه قرار گیرد و بر اساس میزان منابع آب موجود و چگونگی عملکرد آن، الگوی مکانی مناسب کاربری اراضی در منطقه پیاده‌سازی شود تا بر این اساس بتوان بین میزان عملکرد منابع آبی و انواع توسعه هماهنگی لازم را ایجاد و از نابودی و تخریب منابع حیاتی حوضه از جمله منابع آبی جلوگیری کرد. بر این اساس، در مطالعه حاضر به مدل‌سازی عملکرد منابع آبی و تعیین میزان تولید و مصرف آب بر اساس رویکرد خدمات اکوسیستمی^۱ و الگوی مکانی کاربری اراضی و پوشش سرزمین (LULC)^۲ در منطقه پرداخته شده است تا بر اساس نتایج آن بتوان نه تنها پتانسیل آبی زیرحوضه‌های آبخیز را مشخص نمود تا در راستای شرایط و ویژگی‌های منابع آبی آن‌ها توسعه کاربری‌ها در منطقه انجام شود بلکه بتوان به هماهنگی لازم در این زمینه و ارتقاء پایداری محیط‌زیستی در این آبخیز دست یافت.

روش بررسی:

منطقه مطالعاتی:

حوضه آبخیز قره‌سو واقع در جنوب غربی استان گلستان منطقه مطالعاتی در این تحقیق است که در محدوده مختصات جغرافیایی $36^{\circ} 37' 37''$ تا $54^{\circ} 43' 4''$ طول شرقی و $36^{\circ} 24' 24''$ تا $36^{\circ} 59' 48''$ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). مساحت آبخیز حدود ۱۵۹۰ کیلومتر مربع، متوسط ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد ۷۸۷ متر و میانگین بارندگی و دمای سالیانه در این منطقه به ترتیب ۵۷۰ میلیمتر و $14/5$ درجه سانتیگراد است. توسعه کاربری‌های کشاورزی، شهری و روستایی در نیمه شمالی حوضه و وجود اکوسیستم‌های جنگلی در نیمه جنوبی آن به ایجاد شرایط اکولوژیکی و آرایه خدمات اکوسیستمی متفاوت و متنوع در منطقه منجر شده است. رودخانه‌های موجود در آبخیز قره‌سو از ارتفاعات جنوبی حوضه سرچشمه گرفته و در شمال غربی آن به خلیج گرگان منتهی می‌شوند. وضعیت اکولوژیکی و الگوی مکانی کاربری اراضی این منطقه میزان تولید و مصرف آب در منطقه را تحت تأثیر قرار داده و لازم است در راستای استفاده بهینه از آب در آبخیز برنامه‌ریزی و اقدامات لازم صورت پذیرد.

¹ Ecosystem services approach

² Land use and Land cover

³ Water yield

تولید و مصرف آب بر اساس هر کاربری و پتانسیل تولید، مصرف و ذخیره آبی در هر زیرحوضه مطابق با فرمول های ۱ تا ۴ انجام گردید. توضیحات معیارهای ارزیابی و نحوه تهیه داده‌ها و اطلاعات تحقیق در جدول های ۱ و ۲ ذکر شده است.

زمانی ۱۳۹۴-۱۳۹۰ مدنظر قرار گرفتند. در مرحله بعد، داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی به محیط InVEST 3.1 وارد و تجزیه و تحلیل آن‌ها در راستای تعیین عملکرد آبی منطقه مطالعاتی صورت پذیرفت. ارزیابی عملکرد منابع آبی بر مبنای الگوی کنونی کاربری اراضی و پوشش سرزمین به منظور تعیین میزان

$$WY_i = \left(1 - \frac{AET}{P_{(x)}}\right) \cdot P_{(x)} \quad (۱)$$

$$WC_i = WD_i * A_i \quad (۳)$$

$$WV_i = A_i * WY_i \quad (۲)$$

$$WS_i = WV_i - WC_i \quad (۴)$$

میزان عملکرد آب = WY_i ، حجم کل آب تولیدی = WV_i ، حجم کل آب مصرفی = WC_i ، میزان تقاضای آب = WD_i ، حجم ذخیره واقعی آب = WS_i ، تبخیر و تعرق واقعی = AET ، میانگین بارندگی سالیانه = $P_{(x)}$ ، میزان مساحت = A_i (۹).

جدول ۱: توضیحات معیارهای ارزیابی (۹)

Table 1: Description of evaluation criteria (9)

معیار	تعریف
تبخیر و تعرق مرجع	نشان‌دهنده اقلیم محلی است که بر اساس تبخیر و تعرق پوشش گیاهی مرجع مانند گیاهان علفی در یک منطقه مشخص می‌شود و رابطه مستقیم با تبخیر و تعرق پتانسیل دارد.
ضریب تبخیر و تعرق گیاهی (Kc)	تا حدود زیادی تحت تأثیر مشخصات گیاهی پوشش سرزمین و کاربری اراضی تعیین می‌شود و رابطه معکوس با تبخیر و تعرق مرجع نوع پوشش گیاهی دارد.
عمق لایه محدود کننده خاک	عمقی از خاک است که نفوذ ریشه گیاهان را به خاطر شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک محدود می‌کند.
مقدار آب قابل دسترس گیاهی ($PAWC^1$)	ظرفیت آب قابل دسترس گیاهی که نشان‌دهنده تفاوت بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی گیاهان در یک منطقه است و به ظرفیت حجمی آب قابل دسترس گیاهی (AWC^2) بستگی دارد.
ظرفیت حجمی آب قابل دسترس گیاهی (AWC)	مقدار آب قابل دسترس در خاک برای استفاده گیاهان است و به بافت خاک و عمق مؤثر ریشه گیاهان در خاک بستگی دارد.
ضریب فصلی Z^3	یک ثابت تجربی است که توزیع بارندگی و مشخصات هیدرولوژیکی یک منطقه را نشان می‌دهد و به تعداد وقایع بارندگی در یک سال در یک منطقه مشخص وابسته است.
میزان تقاضای آب در هکتار	مقدار برداشت آب به ازای هر کاربری در هر هکتار.

جدول ۲: نحوه تهیه اطلاعات مرتبط با هر معیار ارزیابی (۹)

Table 2: How to prepare information related to each evaluation criterion (9)

منبع	نحوه تهیه داده	واحد	داده / لایه اطلاعاتی
(۱۰)	نقشه کاربری اراضی استان گلستان		کاربری اراضی
.....	مدل رقومی ارتفاعی منطقه و رویه Watershed		محدوده آبخیز و زیر حوضه‌ها
آمار هواشناسی استان گلستان	داده‌ها و اطلاعات میزان بارش استان گلستان	mm	میانگین بارندگی سالیانه
(۱۱)	$ET_0 = E * 0.7$	mm	تبخیر و تعرق مرجع 4
آمار هواشناسی استان گلستان	داده‌های میزان تبخیر (تشتک تبخیر) ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مطالعاتی	mm	تبخیر E^5
مطالعات اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان	اطلاعات خاک منطقه مطالعاتی (طرح آمایش استان گلستان)	mm	عمق لایه محدود کننده خاک

¹ Plant available water capacity

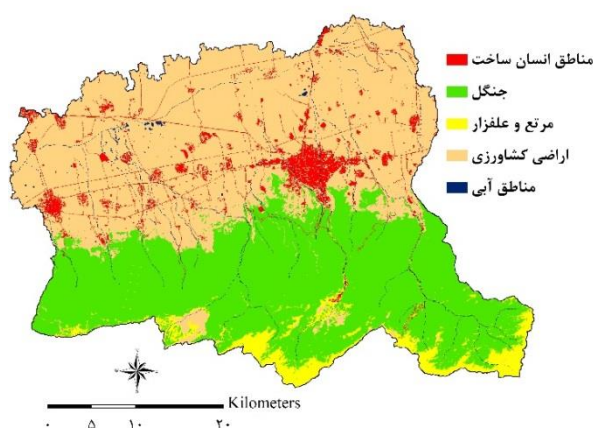
² Available water content

³ Seasonality factor

⁴ Evapotranspiration

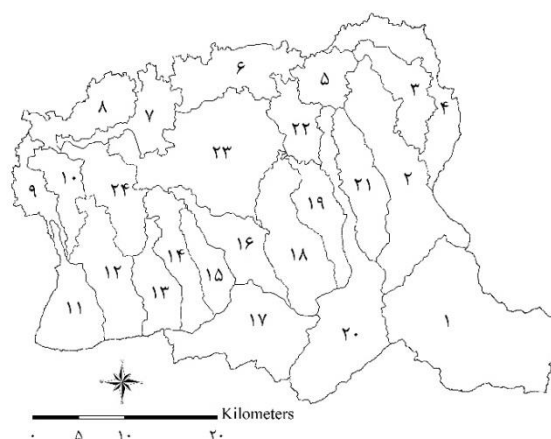
⁵ Evaporation

داده / لایه اطلاعاتی	واحد	نحوه تهیه داده	منبع
ظرفیت حجمی آب قابل دسترس گیاهی (AWC)	mm	$AWC = P - E$ (میانگین بارندگی سالیانه (P))	آمار هواشناسی استان گلستان
ضریب مقدار آب قابل دسترس گیاهی (PAWC)		$PAWC = AWC/Rd$ (عمق ریشه‌یابی گیاه (Rd))	مطالعات اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان
ضریب تبخیر و تعرق گیاهی	...	منابع کتابخانه‌ای	(۱۱)
ضریب فصلی ^{۱۱} (Z)		$Z = 0.2 * N$ (تعداد وقایع بارندگی در سال (N))	(۱۲)
میزان تقاضای آب در هکتار	m ³	گزارشات و مطالعات آبخیزداری منطقه مطالعاتی	مطالعات اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان



شکل ۳: نقشه کاربری فعلی اراضی آبخیز قره‌سو (۱۰).

Figure 3: Current land use map of the Qarasu watershed (10).



شکل ۲: نقشه زیرحوضه‌های آبخیز قره‌سو.

Figure 2: Map of the Qarasu watershed sub-basins.

یافته‌ها:

پس از تهیه و آماده‌سازی داده‌های اولیه، نقشه‌های محدوده آبخیز و زیرحوضه‌های آن با استفاده از رویه Watershed در محیط IDRISI Selva تهیه گردید (شکل ۲). نقشه کاربری فعلی اراضی منطقه مطالعاتی نیز بر اساس اطلاعات طرح آمایش استان گلستان استخراج شد (شکل ۳). در مرحله بعد، تمامی اطلاعات به محیط InVEST وارد شدند و با اجرای آن میزان بارش، تبخیر و تعرق و تولید، مصرف و میزان ذخیره آبی به ازای هر زیرحوضه بدست آمد که نتایج آن در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده میزان

حداقل، حداکثر و میانگین هر پارامتر در کل حوضه نیز تعیین شد (جدول ۵). نقشه‌های مرتبط با میزان تولید، مصرف و ذخیره واقعی آب در سطح زیرحوضه نیز در محیط IDRISI Selva بر اساس نتایج بدست آمده طبقه‌بندی و ایجاد شدند (شکل ۴). همچنین نقشه‌های میزان تولید آب، تبخیر و تعرق واقعی و نسبت بارش به تبخیر و تعرق بر اساس الگوی کاربری اراضی منطقه نیز بدست آمد (شکل ۵). میزان کل تولید، مصرف و ذخیره آب برای هر کاربری بر حسب میلیون متر مکعب در سال و میانگین آن‌ها در هکتار نیز محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۳: میزان میانگین بارندگی، تبخیر و تعرق و تولید آب سالیانه در زیرحوضه‌های آبخیز قره‌سو

Table 3: Average annual rainfall, evapotranspiration, and water production in the Qarasu watershed sub-basins

زیرحوضه	میانگین بارندگی سالیانه (mm)	میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل (mm)	میانگین تبخیر و تعرق واقعی (mm)	میانگین تولید آب در هکتار (m ³)	حجم کل آب تولیدی در سال (Mm ³)
۱	۵۵۰	۶۷۵	۵۰۲	۴۷۴/۵	۹
۲	۵۷۶	۵۹۵	۴۸۴	۹۲۲	۱۱/۲
۳	۴۶۹	۵۷۹	۴۲۵	۴۴۳/۷	۲
۴	۴۷۳	۵۸۰	۴۱۵	۵۴۹/۷	۳/۵

زیرحوضه	میانگین بارندگی (mm)	میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل (mm)	میانگین تبخیر و تعرق واقعی (mm)	میانگین تولید آب در هکتار (m ³)	حجم کل آب تولیدی در سال (Mm ³)
۵	۴۵۵	۶۶۷	۴۳۲	۲۳۲/۴	۰/۷
۶	۴۹۱	۶۷۳	۴۶۰	۲۸۶/۱	۱/۹
۷	۵۴۵	۵۶۴	۴۶۳	۷۹۷/۳	۳/۴
۸	۵۰۱	۴۸۵	۴۰۹	۸۶۵/۶	۴/۲
۹	۵۴۱	۴۲۷	۳۸۹	۱۵۰۶/۶	۴/۲
۱۰	۵۶۴	۴۵۱	۴۱۱	۱۵۳۵/۷	۵/۱
۱۱	۶۳۷	۶۸۱	۵۵۵	۸۰۹/۴	۴/۳
۱۲	۶۳۷	۶۲۳	۵۲۳	۱۱۵۳/۵	۷/۶
۱۳	۶۴۸	۶۹۲	۵۶۳	۸۵۰/۷	۳/۴
۱۴	۶۴۳	۶۰۹	۵۱۸	۱۲۶۱/۳	۵/۸
۱۵	۶۵۲	۶۳۲	۵۳۲	۱۲۰۲/۷	۳/۶
۱۶	۶۶۴	۶۳۹	۵۴۱	۱۲۴۴/۳	۶/۳
۱۷	۵۵۶	۶۵۷	۵۰۴	۶۲۲/۴	۵/۶
۱۸	۶۶۰	۶۷۴	۵۵۵	۱۰۵۲/۵	۸/۳
۱۹	۶۷۷	۵۵۵	۴۸۴	۱۹۳۶/۱	۸/۲
۲۰	۴۸۰	۶۳۱	۴۲۵	۵۵۲/۶	۶/۶
۲۱	۶۱۹	۵۵۴	۴۷۶	۱۴۴۱/۴	۸
۲۲	۵۱۴	۶۰۲	۴۵۲	۶۳۰/۲	۲/۲
۲۳	۵۹۲	۵۵۷	۴۷۳	۱۱۹۳/۷	۱۷/۶
۲۴	۶۰۳	۴۹۱	۴۴۶	۱۵۷۴/۹	۸/۷

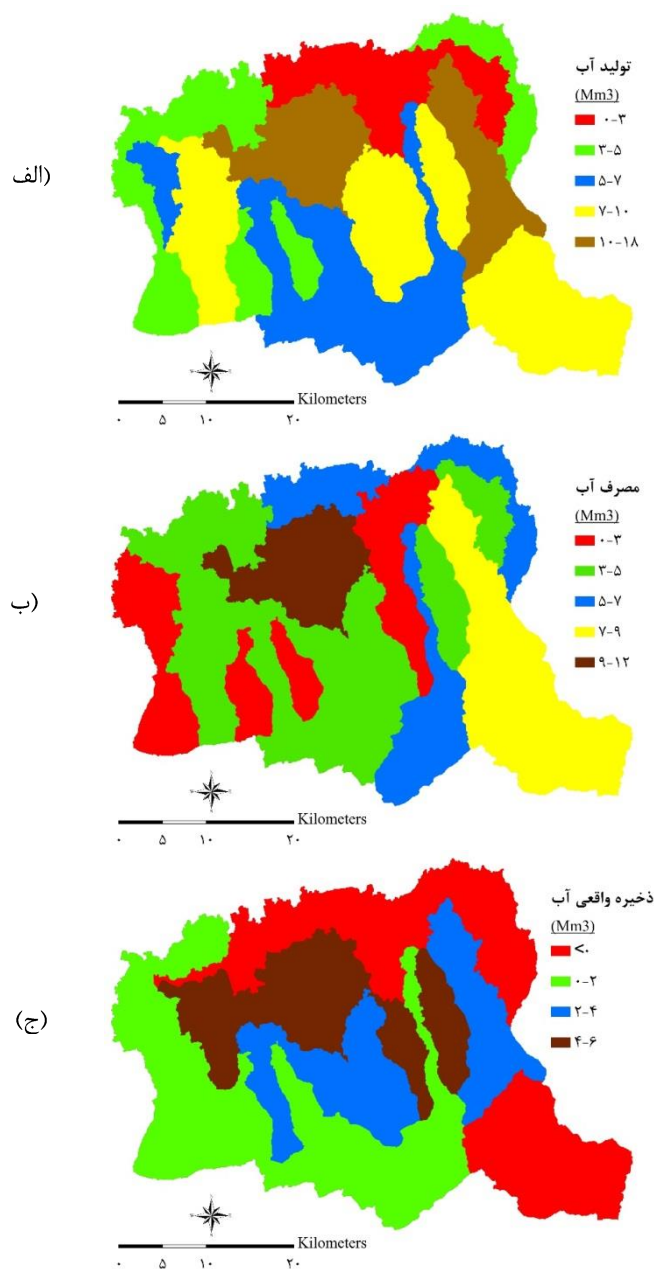
* میلیون متر مکعب (Mm³).

جدول ۴: میزان مصرف و ذخیره واقعی آب سالیانه در زیرحوضه‌های آبخیز قره‌سو

Table 4: Actual annual water consumption and storage in the sub-basins of the Qarasu watershed

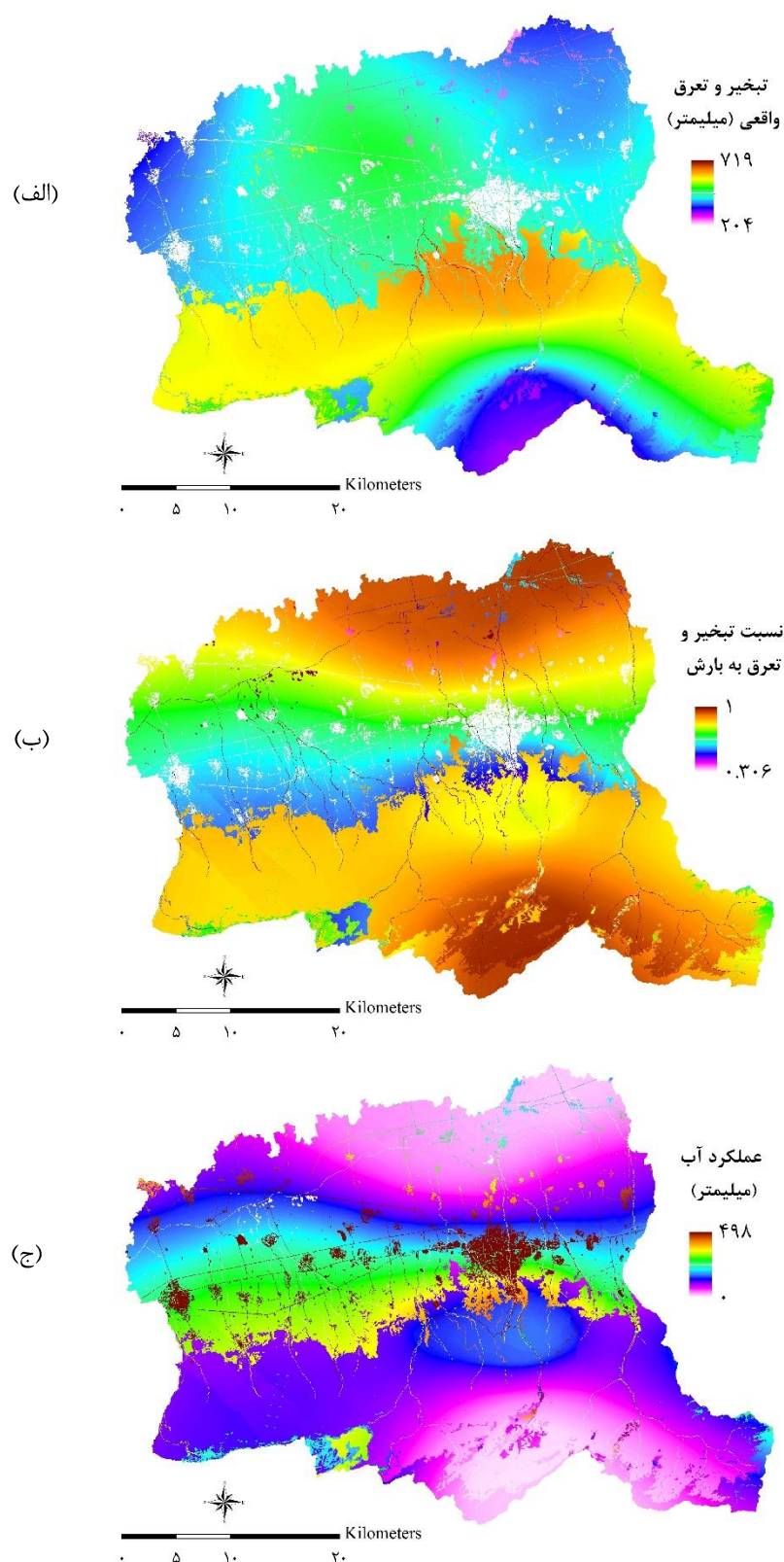
زیرحوضه	کل حجم آب مصرفی (Mm ³)	میانگین حجم آب مصرفی در هکتار (m ³)	کل ذخیره واقعی آب (Mm ³)	میانگین ذخیره واقعی آب در هکتار (m ³)	مساحت زیرحوضه (ha)
۱	۹	۴۷۱/۳	۰/۰۱	۳/۳	۱۹۰۹۶
۲	۸/۸	۷۲۳/۷	۲/۴	۱۹۸/۳	۱۲۲۰۰
۳	۳/۹	۸۴۰/۸	-۱/۸	-۳۹۷	۴۵۸۲
۴	۵/۴	۸۳۷/۳	-۱/۹	-۲۸۷/۶	۶۳۹۶
۵	۲/۷	۸۳۷/۹	-۱/۹	-۶۰۴/۵	۳۲۰۶
۶	۵/۵	۸۴۱	-۳/۷	-۵۵۴/۹	۶۵۶۲
۷	۳/۶	۸۳۶/۹	-۰/۲	-۳۹/۷	۴۳۰۱
۸	۴	۸۳۹/۱	۰/۱	۲۶/۵۴	۴۸۴۳
۹	۲/۴	۸۳۴/۸	۱/۹	۶۷۱/۹	۲۸۳۲
۱۰	۲/۸	۸۳۲/۴	۲/۳	۷۰۳/۴	۳۳۴۹
۱۱	۲/۷	۵۰۴/۱	۱/۶	۳۰۵/۴	۵۲۸۶
۱۲	۴	۶۰۷/۴	۳/۶	۵۴۶/۱	۶۶۰۲
۱۳	۲/۱	۵۱۹/۸	۱/۳	۳۳۰/۹	۳۹۸۹
۱۴	۳	۶۴۸	۲/۸	۶۱۳/۳	۴۶۳۴
۱۵	۱/۹	۶۲۷/۶	۱/۷	۵۷۵/۱	۳۰۵۴
۱۶	۳/۲	۶۳۲/۹	۳/۱	۶۱۱/۴	۵۰۷۷
۱۷	۴/۵	۴۹۳/۵	۱/۱	۱۲۸/۹	۹۱۳۴

زیرحوضه	کل حجم آب مصرفی (Mm ³)	میانگین حجم آب مصرفی در هکتار (m ³)	کل ذخیره واقعی آب (Mm ³)	میانگین ذخیره واقعی آب در هکتار (m ³)	مساحت زیرحوضه (ha)
۱۸	۴/۶	۵۷۷/۹	۳/۷	۴۷۴/۶	۷۹۴۷
۱۹	۲/۹	۶۷۰/۷	۵/۳	۱۲۶۵/۴	۴۲۴۴
۲۰	۶/۴	۵۲۷/۲	۰/۳	۲۵/۴	۱۲۱۰۳
۲۱	۴	۷۱۶/۳	۴	۷۲۵/۱	۵۵۹۸
۲۲	۲/۹	۸۳۹/۸	-۰/۷	-۲۰۹/۶	۳۴۷۱
۲۳	۱۲/۴	۸۳۸/۵	۵/۲	۳۵۵/۲	۱۴۸۳۴
۲۴	۴/۶	۸۱۹/۲	۴/۲	۷۵۵/۹	۵۵۸۹



شکل ۴: نقشه طبقه‌بندی شده میزان تولید آب (الف)، مصرف آب (ب) و ذخیره واقعی آب (ج) بر حسب میلیون متر مکعب در سال در حوضه آبخیز قره‌سو.

Figure 4: Classified map of water production (a), water consumption (b), and actual water storage (c) in million cubic meters per year in the Qarasu watershed.



شکل ۵: نقشه میزان تبخیر و تعرق واقعی (الف)، نسبت تبخیر و تعرق به بارش (ب) و میزان عملکرد آب (ج) در سال بر اساس الگوی فعلی کاربری اراضی در حوضه آبخیز قره‌سو.

Figure 5: Map of actual evapotranspiration (a), evapotranspiration to precipitation ratio (b), and water yield (c) per year based on the current land use pattern in the Qarasu watershed.

جدول ۵: میزان کل، حداکثر و حداقل بدست آمده برای معیارهای ارزیابی عملکرد آب در سطح آبخیز قره‌سو

Table 5: Total, maximum, and minimum values obtained for water performance evaluation criteria in the Qarasu watershed

معیار	حداقل	حداکثر	کل حوضه
میانگین بارندگی سالیانه (mm)	۴۵۵	۶۷۷	۵۷۰
میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل (mm)	۴۲۷	۶۹۲	۶۰۸
میانگین تبخیر و تعرق واقعی (mm)	۳۸۹	۵۶۳	۴۸۰
میانگین تولید آب در هکتار (m^3)	۲۳۳	۱۹۳۶	۸۹۶
کل حجم آب تولیدی در سال (Mm^3)	۰/۷۴	۱۷/۶	۱۴۱
میانگین حجم آب مصرفی در هکتار (m^3)	۴۷۱	۸۴۱	۶۷۴
کل حجم آب مصرفی در سال (Mm^3)	۱/۹	۱۲	۱۰۷
میانگین ذخیره واقعی آب در هکتار (m^3)	-۶۰۵	۱۲۶۵	۲۲۲
کل ذخیره واقعی آب در سال (Mm^3)	-۳/۷	۵/۳	۳۴
مساحت حوضه (ha)			۱۵۸۹۳۱

جدول ۶: میزان تعیین شده تولید، مصرف و ذخیره واقعی آب برای هر کاربری در حوضه آبخیز قره‌سو

Table 6: Actual water production, consumption, and storage determined for each use in the Qarasu watershed

کاربری	کل تولید آب (Mm^3)	تولید آب (m^3/ha)	کل مصرف آب (Mm^3)	مصرف آب (m^3/ha)	کل ذخیره واقعی آب (Mm^3)	ذخیره واقعی آب (m^3/ha)
مناطق انسان ساخت	۹	۱۱۱۵	۶	۷۳۵	۳	۳۸۰
جنگلداری	۵۳	۸۴۰	۳۵	۵۵۵	۱۸	۲۸۵
مرتع و علفزار	۴/۶	۵۵۶	۴/۱	۴۹۶	۰/۵	۶۰
کشاورزی	۷۵	۹۵۳	۶۲	۷۸۲	۱۳	۱۷۱
مناطق آبی	۱/۴	۹۰۹	۱/۱	۶۷۷	۰/۳	۲۳۲

بحث و نتیجه‌گیری:

ارتباطات بین توسعه و طبیعت اغلب چالش برانگیز است و در این راستا رشد گسترده جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی در سرزمین به منظور بهبود رفاه انسان، منجر به ایجاد معضلات محیط‌زیستی شده است. عدم هماهنگی بین میزان توسعه و ویژگی‌های محیط‌زیست اغلب خدمات و کارکردهای اکوسیستم‌های آن از جمله الگوها و چرخه‌های آب‌شناختی و میزان تولید و مصرف آب را مختل کرده است. با توجه به آنکه در حوضه آبخیز قره‌سو رشد ناهماهنگ کاربری‌های کشاورزی و مسکونی منابع طبیعی از جمله منابع آب در منطقه را بشدت تحت تأثیر قرار داده است لذا این مطالعه در جهت ارزیابی عملکرد آب حوضه بر اساس الگوی کاربری اراضی و پوشش سرزمین منطقه صورت پذیرفته است تا اینکه سهم نسبی هر یک از سیماهای آبخیز در میزان تولید، مصرف و ذخیره آب مشخص شود. نتایج مطالعه نشان داد که کل حجم آب تولید شده در حوضه حدود ۱۴۱ میلیون متر مکعب در سال و مقدار متوسط آن در هر هکتار برابر با ۸۹۶ متر مکعب است. بیشترین حجم آب در حوضه‌های واقع در کمربند میانی و جنوب حوضه

تولید می‌شود و کمترین مقدار تولید آن نیز در حوضه‌های شمالی آبخیز اتفاق می‌افتد. مقدار مصرف آب در کل حوضه در حدود ۱۰۷ میلیون متر مکعب در سال و مقدار متوسط آن نیز در هر هکتار ۶۷۴ متر مکعب است که در مجموع تقریباً برابر با ۷۶ درصد از کل آب تولید شده در آبخیز را شامل می‌شود. در واقع، آب مصرف شده در آبخیز حجم عمده میزان آب تولید شده در کل حوضه را تشکیل می‌دهد و بنابراین ذخایر منابع آبی به شدت تحت تأثیر مقدار مصرف آن در سطح حوضه قرار دارد. آب مصرف شده در هر زیر حوضه به نوع کاربری‌های موجود در آن بستگی دارد و نحوه مصرف آب در ازای هر کاربری نیز به نوبه خود تحت تأثیر شرایط طبیعی و فعالیتهای انسانی قرار دارد. ذخیره واقعی آب در آبخیز که از کسر کل آب مصرفی از میزان آب تولید شده بدست می‌آید برابر با ۳۴ میلیون متر مکعب در سال و مقدار آن در هر هکتار ۲۲۲ متر مکعب است. نقشه‌های بدست آمده نیز گویای این واقعیت هستند که بیشترین مقدار تولید، مصرف و ذخیره آب در قسمت‌های مرکزی حوضه وجود دارد. بخش‌های حاشیه‌ای حوضه بخصوص در مناطق شمال شرقی و بخشی از جنوب

۷۳۵، ۵۵۵، ۴۹۶، ۷۸۲ و ۶۷۷ متر مکعب است. این نتایج نشان می‌دهد که کاربری‌های مناطق انسان‌ساخت و کشاورزی در مناطقی واقع شده‌اند که بیشترین سهم را در میزان تولید آب حوضه دارا هستند. همچنین بیشترین مقدار حجم آب در کاربری‌های کشاورزی و توسعه انسان‌ساخت در آبخیز مصرف می‌شود و این واقعیت را نشان می‌دهد که سهم عمده مصرف آب در آبخیز تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارد. ضمن آنکه منابع آبی در اثر بهره‌برداری و استفاده بی‌رویه برای کاربری‌های کشاورزی و مصرف در مناطق مسکونی و صنعتی، همواره در معرض آلودگی و یا کاهش کیفیت هستند. بنابراین، الگوی مصرف آب در این کاربری‌ها می‌تواند به شدت مقدار ذخایر آب را تحت تأثیر قرار دهد و عدم تناسب بین آن و وضعیت کنونی محیط‌زیست چالش‌های مربوط به آب در منطقه را تشدید می‌کند. با توجه به آنکه تولید آب به عنوان یکی از خدمات اکوسیستم عاملی مهم و از طرفی محدودکننده در ایجاد توسعه در منطقه محسوب می‌گردد، تحت تأثیر محدودیت‌های مختلف در سطح حوضه قرار دارد که از آن جمله می‌توان به محدودیت ذاتی تولید منابع آب و در وهله بعد به مصرف‌کنندگان آب اشاره داشت که باعث ایجاد چالشی بزرگتر در سطح آبخیز شده است.

نتایج این مطالعه نشان داد که تولید و مصرف آب به عنوان یکی از مهم‌ترین خدمات تولیدی اکوسیستم‌های منطقه مطالعاتی تحت تأثیر الگوی کنونی کاربری اراضی و پوشش سرزمین قرار دارد و تخریب آن به شدت به نحوه مصرف آن در ازای نوع کاربری صورت می‌پذیرد. قدوسی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در مطالعه اثر تغییرات کاربری اراضی بر هیدرولوژی حوضه آبی‌چای دریاچه ارومیه بر نقش الگوی کاربری اراضی بر پتانسیل آبی و کاهش ذخایر آبی اشاره کردند (۱۳). ثقفیان و همکاران (۱۳۸۵) نیز طی بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه آبریز سد گلستان اذعان داشتند که وضعیت پوشش سرزمین و کاربری اراضی بر وضعیت هیدرولوژیکی آبخیز اثرگذار است و شرایط آن‌ها می‌تواند وضعیت آب‌شناختی منطقه را تحت‌الشعاع خود قرار دهد (۱۴). همچنین Hundecha and Bardossy (۲۰۰۴) در تحقیقی اثر تغییرات کاربری اراضی را بر رودخانه راین در آلمان بررسی کردند و اذعان داشتند که کاهش یا افزایش رواناب‌های سطحی به الگوی کاربری اراضی وابسته است و در نتیجه چرخه آب‌شناختی و میزان ذخایر آبی منطقه تحت تأثیر قرار گرفته است (۱۵). بنابراین، در راستای توسعه کاربری‌ها و دستکاری الگوی طبیعی پوشش سرزمین نیاز است هماهنگی لازم بین میزان توسعه و خدمات ارائه شده آن اتفاق بیفتد تا روند تولید و

شرقی هر چند مصرف آب کمتری نسبت به بقیه قسمت‌های حوضه دارند اما بدلیل تولید آب کمتر از مقدار مصرف شده، نقشی در پتانسیل ذخیره واقعی آب حوضه ندارند و در حقیقت سهم مقدار ذخیره واقعی آب حوضه از این مناطق به کمتر از صفر نیز می‌رسد. کمترین مقدار ذخیره واقعی آب در حاشیه شمالی آبخیز وجود دارد که مقدار آن در حدود ۴- میلیون متر مکعب در سال است. در واقع بخشی از آب مصرفی در این مناطق از مازاد آب تولید شده در مناطق بالادست تأمین می‌شود. بیشترین مقدار ذخیره آب نیز در حدود ۵ میلیون متر مکعب در سال در بخش مرکزی حوضه وجود دارد. بر اساس این نتایج مشخص شد که عملکرد آب در سطح آبخیز بسیار متفاوت است و علاوه بر آنکه بطور طبیعی تحت تأثیر مقدار بارش و تبخیر و تعرق در یک محل قرار دارد به شرایط دیگر از جمله ویژگی‌های اکولوژیک آبخیز و شدت فعالیت‌های انسانی نیز وابسته است.

بر اساس نتایج بدست آمده نیز مشخص گردید که بیشترین مقدار تبخیر و تعرق واقعی در قسمت‌های میانی و کمترین مقدار آن نیز در قسمت‌های شمال شرقی و غربی و بخش‌هایی از جنوب حوضه اتفاق می‌افتد. نسبت تبخیر و تعرق به بارش که می‌تواند بیانگر میزان خشکی در یک منطقه باشد نشان می‌دهد که قسمت‌های شمالی و جنوبی حوضه نسبت به دیگر مناطق دارای میزان نسبت تبخیر و تعرق به بارش بیشتر و در نتیجه میزان رطوبت کمتری نسبت به بخش‌های مرکزی و کمربند میانی حوضه را دارا هستند و در افزایش ذخیره واقعی آب در کل حوضه سهم کمتری را به خود اختصاص می‌دهند. از جمله ویژگی‌های اکولوژیکی این مناطق می‌توان به وجود ارتفاعات بلند، شیب‌های تند و پوشش گیاهی ضعیف و کم تراکم اشاره کرد. کمترین نسبت مقدار تبخیر و تعرق واقعی به بارش در بخش‌های میانی حوضه مشاهده می‌شود و بیانگر این مطلب است که مقدار آب بیشتری در این مناطق وجود دارد که در صورت مصرف بهینه باعث صرفه‌جویی و افزایش ذخیره آبی آبخیز خواهد شد. از لحاظ اکولوژیک این مناطق، اراضی با شیب ملایم، ارتفاعات میانه و پوشش گیاهی مناسب را در بر گرفته‌اند. نقشه‌نمایی ارزیابی عملکرد آب بر اساس الگوی کنونی کاربری اراضی و پوشش سرزمین منطقه مطالعاتی نیز نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد آب در بخش‌های مرکزی حوضه و کمترین میزان آن نیز در مناطق شمالی و جنوبی حوضه وجود دارد. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص گردید که میانگین تولید آب در هر هکتار کاربری‌های مناطق انسان‌ساخت، جنگل‌داری، مرتع‌داری، کشاورزی و مناطق آبی به ترتیب ۱۱۱۵، ۸۴۰، ۵۵۶ و ۹۵۳ و ۹۰۹ متر مکعب و میزان مصرف آب نیز به ترتیب

بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، به نظر می‌رسد با فرض ثابت بودن پتانسیل بالقوه استحصال آب از منابع آب در منطقه، تنها راه‌حل، تقلیل حجم آب مصرفی در بخش مصرف است. به بیان دیگر توسعه پایدار در بخش آب استان گلستان منوط به مصرف بهینه آب در تمام بخش‌های مصرف، به ویژه در بخش کشاورزی، خواهد بود. کمیت و کیفیت مصرف، رقابت در مصرف، عدم تعادل در شیوه‌های استفاده و صدمه‌ای که از این حیث به منابع آب و در نهایت به محیط‌زیست وارد می‌آید نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت اصولی در کاهش تبعات و اثرات آن دارد. از جمله مصرف‌کنندگان مهم، بخش کشاورزی است که سهم عظیمی از آب‌های با کیفیت و قابلیت بالا را به خود اختصاص داده است. با توجه به نقش اساسی آب و کمبود شدید آن و همچنین تقاضای بالای مصرف از نظر افزایش جمعیت نیاز است در راستای استفاده از کمترین مقدار آن برنامه‌ریزی درست صورت گیرد.

منابع:

- [1] Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., Makeschin, F., 2012. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. *Ecological Indicators*, 21: 54-66.
- [2] De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7: 260-272.
- [3] MA, 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. A report of the millennium ecosystem assessment. Island Press, Washington.
- [4] Ranganathan, J., Raudsepp-Hearne, C., Lucas, N., Irwin, F., Zurek, M., Bennett, K., Aeh, N., West, P., 2008. Ecosystem services: A guide for decision makers. World Resources Institute (WRI).
- [5] Egoh, B., Reyers, B., Rouget, M., Richardson, D.M., Le Maitre, D.V., Van Jaarsveld, A.S., 2008. Mapping ecosystem services for planning and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127: 135-140.
- [6] Vigerstol, K.L., Aukema, J.E., 2011. A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 92: 2403-2409.
- [7] Koschke, L., Lorz, C., Fürst, C., Lehmann, T., Makeschin, F., 2014. Assessing hydrological and provisioning ecosystem services in a case

مصرف آب مورد نیاز برای اکوسیستم‌های سرزمین بر اساس الگوهای محیط‌زیستی باشد که در نتیجه آن ضمن صرفه‌جویی در مقدار مصرف آب از کاهش کیفیت آن که در اثر آلودگی‌های و ضایعات ناشی از کاربری‌های صنعتی، شهری و کشاورزی اتفاق می‌افتد، جلوگیری شود.

نتایج تحقیق نشان داد که ارتباط و برهمکنشی متقابل بین عملکرد آب و نوع توسعه در آبخیز وجود دارد که می‌تواند اثرات محیط‌زیستی متفاوتی را در شرایط آشناختی منطقه ایجاد کند و عدم هماهنگی بین آن‌ها باعث تغییرات و نوسانات شدید در شرایط اکولوژیکی آبخیز خواهد شد که در نهایت تخریب منابع طبیعی و کاهش خدمات اکوسیستم را به دنبال دارد. توسعه انسان‌ساخت و کشاورزی به عنوان محرک اصلی در تغییر شرایط طبیعی تولید و مصرف آب در منطقه به شمار می‌روند، بدلیل اینکه از این طریق با برداشت آب تغییرات اساسی در رژیم آشناختی اکوسیستم‌های حوضه ایجاد می‌گردد که از جمله آن‌ها می‌توان به تغییر سطح آب‌های زیرزمینی و افزایش املاح و رسوبات در آب‌های سطحی اشاره کرد. بنابراین، با شناسایی و مدل‌سازی ارتباطات و برهمکنشی‌های بین خدمات اکوسیستم از جمله عملکرد آب با کاربری اراضی و پوشش سرزمین می‌توان به تقلیل آثار محیط‌زیستی الگوی فضایی کاربری‌ها بر فراهم‌سازی و پتانسیل خدمات اکوسیستم در منطقه کمک کرد. در مطالعات دیگر که در این زمینه انجام شده‌اند نیز اشاره شده است که در راستای افزایش توسعه، نیاز است محافظت از عملکرد خدمات اکوسیستم مناطق و حفظ ثبات آن مورد توجه قرار گیرد و فقط در این صورت می‌توان ضمن توسعه مناطق به تحقق یافتن استفاده پایدار از منابع محیط‌زیستی و ادغام فواید اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی دست یافت. علاوه بر این، مساحت کاربری‌ها و چینش مکانی انواع اراضی عامل مهمی در عرضه خدمات اکوسیستم و همکنشی میان آنها به حساب می‌آید. بنابراین، توجه به الگوهای کاربری اراضی در مطالعات خدمات اکوسیستم حائز اهمیت است (۱۶ و ۱۷).

در پایان می‌توان اذعان داشت که کاهش شدید منابع آب ناشی از بهره‌برداری‌های غیر مجاز و بی‌رویه از یک سو و رشد جمعیت و افزایش تقاضا در بخش‌های مختلف مصرف از سوی دیگر، نقش این ماده حیاتی را در موضوع توسعه شفاف‌تر نموده است. از الزامات توسعه در سرزمین ایجاد تعادل در بین مقدار مصرف و میزان آب تجدید شونده و استفاده بهینه از منابع آب مطرح است. با توجه به روند رو به رشد تقاضای مصرف آب در بخش صنعت و خدمات و همچنین به منظور تأمین قسمتی از کسری مخازن آب‌های زیرزمینی، از طریق صرفه‌جویی در حجم

- study in Western Central Brazil. *Ecological Processes*, 3(2), 1-15.
- [8] Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, R., Chan, K., Daily, G., Goldstein, J., Kareiva, P., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T., Shaw, R., 2009. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1): 4-11.
- [9] Sharp, R., Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Wood, S.A., Chaplin-Kramer, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C.K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Griffin, R., Glowinski, K., Chaumont, N., Perelman, A., Lacayo, M., Mandle, L., Griffin, R., Hamel, P., 2014. InVEST tip User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford.
- [10] 10. Salman Mahini, A.R., 2014, Comprehensive Planning Plan for Golestan Province.
- [11] Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Available at: <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm>.
- [12] Donohue, R.J., Roderick, M.L., McVicar, T.R., 2012. Roots, storms and soil pores: Incorporating key ecohydrological processes into Budyko's hydrological model, *Journal of Hydrology*, 436-437, 35-50.
- [13] Ghodousi, M; Delavar, M; Murid, S. 2014, The effect of land use changes on the hydrology of the Aji Chay watershed and its inlet to Lake Urmia, *Iranian Water and Soil Research*, Volume 45, Issue 2, Pages 123-133.
- [14] Thaqefian, B; Farazjoo, H; Sepehri, A; Najafinejad, A. 2006. Studying the effect of land use changes on the flood risk of the Golestan Dam watershed, *Iranian Water Resources Research*, 2006, Year 2, Issue 1, Pages 18-28.
- [15] Hundecha, Y., Bardossy, A., 2004. Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a Watershed model. *Journal of Hydrology*, 292: 281-295.
- [16] Geneletti, D., 2013. Assessing the impact of alternative land-use zoning policies on future ecosystem services. *Environmental Impact Assessment Review*, 40, 25-35.
- [17] Long, H., Liu, Y., Hou, X., Li, T., Li, Y., 2014. Effects of land use transitions due to rapid urbanization on ecosystem services: Implications for urban planning in the new developing area of China. *Habitat Int.* 44, 536-544.