Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Estimating the economic value of water storage and production service and determining the water price using the residual method in the grassland ecosystems of the Bonekouh watershed.

Mozhgan Mohammadi[1], Hassan Yeganeh[*2], Mozhgan Sadat Azimi[2], Ali Kermatzade[3], Arash Zare[4]

[1.] PhD. Student of Range Management, Department of Rangeland Management, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
[2.] Corresponding Author; Associate Prof., Department of Rangeland Management, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: hybadrabadi@gmail.com
[3.] Associate Prof., Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Economics and Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
[4.] Assistant Prof., Department of Watershed Management, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2026; Vol 20, Issue 3

Article history:
Received: 16.09.2024
Revised: 05.07.2026
Accepted: 11.07.2026

Keywords:
Economic valuation, SWAT model, water storage, ecosystem services, residual method.

Abstract

Background and Objective: Given the increasing scarcity of environmental resources and the mounting pressure on their utilization, the application of economic instruments for sustainable management is imperative. Hydrological services are among the most prominent ecosystem services due to their high modeling potential, and the use of hydrological models in valuing these services is widely practiced. Water pricing policies, if reflecting the true economic value and supply costs, can promote consumption optimization and resource efficiency. Therefore, this study aims to estimate the economic value of water storage and production services in the rangeland ecosystems of the Bonekouh watershed using the SWAT model and to determine the shadow price of water based on the farm budget-based residual value method.

Methodology: The study area is the Bonekouh watershed, covering 3,269 km² in the east of Tehran Province. In this research, the SWAT hydrological model was calibrated and validated using observational data. Subsequently, outputs related to water production and storage components, including surface runoff (SUR_Q) and available groundwater discharge (GW_Q), were extracted. To determine the economic value of water, the Farm Budget–Based Residual Value Method was employed. In this approach, water value is calculated as the difference between the total farm revenue (TR) and the sum of non-water input costs, divided by the volume of water consumed (W). Calculations were based on data regarding cropping patterns, production costs, yields, and revenues from agricultural and horticultural products in the Firouzkouh and Damavand counties. Finally, by integrating economic data with SWAT model results, the economic value of the water storage and production service was calculated and analyzed at the watershed scale.

Results: After effective calibration and validation (NSE=0.82 and PBIAS=+6.3%), the SWAT model simulated the spatial variations of hydrological components across 29 sub-basins and 154 Hydrological Response Units (HRUs). The annual

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

average surface runoff was estimated at 4.97 mm, and groundwater discharge (GW_Q) at 61.37 mm, corresponding to a total volume of 16.20 million m³ for surface runoff and 202.36 million m³ for groundwater. Using the residual method, the economic value of each cubic meter of groundwater in 2023–2024 (1402) was calculated at 125,587 Rials. The highest economic value per unit area was observed in sub-basin 8 (characterized by active agriculture), while the lowest was in sub-basin 7 (pure rangeland). The total economic value of the water storage and production service for the watershed was estimated at 25.42 billion Rials (equivalent to 77,600 Rials per hectare of rangeland).

Conclusion: The findings of this research highlight the vital role of rangeland ecosystems in the Bonekouh watershed in mitigating surface runoff and enhancing aquifer recharge. This study emphasizes that aggregating surface runoff and groundwater (SUR_Q + GW_Q) as an index for "water production" is ecologically inappropriate, as surface runoff represents water loss. Therefore, "water storage service" should be assessed based on the increase in groundwater discharge (GW_Q) or the reduction in surface runoff (SUR_Q). Furthermore, it was determined that economic value is only significant in areas where produced water reaches human use; thus, the ecological service of water storage and the economic service of water consumption are not necessarily aligned.

Cite this article: Mohammadi, M., H. Yeganeh, M.S. Azimi, A. Kermatzade, A. Zare, 2026. Estimating the economic value of water storage and production service and determining the water price using the residual method in the grassland ecosystems of the Bonekouh watershed. Journal of Rangeland, 20(3): 253-272.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

برآورد ارزش اقتصادی خدمت ذخیره و تولید آب و تعیین قیمت آب با استفاده از روش پسماند در بوم‌سازگان‌های مرتعی حوزه آبخیز بنکوه

مژگان محمدی*[۱]، حسن یگانه[۲]، مژگان سادات عظیمی[۲]، علی کرامت‌زاده [۳]، آرش زارع[۴]

۱. دانشجوی دکتری علوم مهندسی مرتع، گروه علوم مهندسی مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم مهندسی مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hybadrabadi@gmail.com

۳. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۴. استادیار گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۵؛ جلد ۲۰، شماره ۳

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۶/۲۶
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۴/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۲۰

واژه‌های کلیدی:
ارزش‌گذاری اقتصادی، مدل SWAT، ذخیره آب، خدمات بوم‌سازگان، روش پسماند

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به محدودیت فزاینده منابع محیط‌زیستی و افزایش فشار بهره‌برداری بر آن‌ها، استفاده از ابزارهای اقتصادی برای مدیریت پایدار این منابع امری ضروری است. خدمات هیدرولوژیکی به‌دلیل قابلیت بالای مدل‌سازی، از جمله شاخص‌ترین خدمات بوم‌سازگان به‌شمار می‌روند و کاربرد مدل‌های هیدرولوژیکی در مطالعات ارزش‌گذاری این خدمات رواج فراوان دارد. سیاست‌های قیمت‌گذاری منابع آبی، در صورتی که بیانگر ارزش واقعی و هزینه تأمین آب باشند، می‌توانند موجب بهینه‌سازی مصرف و ارتقای بهره‌وری منابع آب شوند. ازاین‌رو، هدف این مطالعه برآورد ارزش اقتصادی خدمت ذخیره و تولید آب در بوم‌سازگان‌های مرتعی حوزه آبخیز بنکوه با استفاده از مدل SWAT و تعیین قیمت سایه‌ای آب بر پایه روش پسماند مبتنی بر بودجه مزرعه است.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه، حوزه آبخیز بنکوه با مساحت ۳۲۶۹ کیلومترمربع در شرق استان تهران است. در این پژوهش، مدل هیدرولوژیکی SWAT اجرا و پس از واسنجی و صحت‌سنجی با داده‌های مشاهداتی، خروجی‌های مربوط به مؤلفه‌های تولید و ذخیره آب شامل رواناب سطحی (SUR_Q) و جریان زیرزمینی در دسترس (GW_Q) استخراج گردید. برای تعیین ارزش اقتصادی آب، از روش پسماند مبتنی بر بودجه مزرعه ((Farm Budget–Based Residual Value Method) استفاده شد که در آن ارزش آب برابر است با تفاضل درآمد کل مزرعه (TR) و مجموع هزینه‌های نهاده‌های غیرآبی تقسیم بر حجم آب مصرفی (W). محاسبات بر اساس اطلاعات الگوی کشت، هزینه تولید، عملکرد و درآمد محصولات زراعی و باغی شهرستان‌های فیروزکوه و دماوند انجام گرفت. در نهایت، با ترکیب داده‌های اقتصادی و نتایج مدل SWAT، ارزش اقتصادی خدمت ذخیره و تولید آب در سطح کل حوزه محاسبه و تحلیل شد.

نتایج: مدل SWAT پس از واسنجی و صحت‌سنجی مؤثر (NSE=0.82 و PBIAS=+6.3%)، تغییرات مکانی مؤلفه‌های هیدرولوژیکی را در سطح ۲۹ زیرحوزه و ۱۵۴ واحد واکنش هیدرولوژیک (HRU) شبیه‌سازی کرد. میانگین سالانه رواناب سطحی در کل حوزه ۴/۹۷ میلی‌متر و جریان زیرزمینی (GW_Q) معادل ۶۱/۳۷ میلی‌متر برآورد شد که بر اساس مساحت حوزه، حجم کل آب زیرزمینی تولیدی برابر با ۲۰۲/۳۶ میلیون مترمکعب و رواناب سطحی معادل ۱۶/۲۰ میلیون مترمکعب بود. با استفاده از روش پسماند، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب زیرزمینی در سال ۱۴۰۲ معادل ۱۲۵٬۵۸۷ ریال محاسبه گردید. بیشترین ارزش اقتصادی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

در واحد سطح مربوط به زیرحوزه شماره ۸ (دارای کاربری کشاورزی فعال) و کمترین مقدار مربوط به زیرحوزه شماره ۷ (مرتعی خالص) بود. ارزش اقتصادی کل خدمت ذخیره و تولید آب حوزه ۲۵/۴۲ میلیارد ریال (معادل ۷۷۶۰۰ ریال به ازای هر هکتار از اراضی مرتعی) برآورد شد.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش بیانگر نقش حیاتی بوم‌سازگان‌های مرتعی حوزه آبخیز بنکوه در کاهش رواناب سطحی و افزایش تغذیه آبخوان است. در این مطالعه تأکید شد که ترکیب رواناب سطحی و جریان زیرزمینی (SUR_Q + GW_Q) به‌عنوان شاخص تولید آب، از دیدگاه بوم‌شناختی نادرست است، زیرا رواناب سطحی نشان‌دهنده اتلاف آب محسوب می‌شود. بنابراین، «خدمت ذخیره آب» باید بر پایه افزایش جریان زیرزمینی (GW_Q) یا کاهش رواناب (SUR_Q) سنجیده شود. همچنین مشخص گردید که ارزش اقتصادی تنها در مناطقی معنادار است که آب تولیدشده به مصرف انسانی می‌رسد؛ بدین‌ترتیب، خدمت اکولوژیکی ذخیره آب و خدمت اقتصادی مصرف آب لزوماً هم‌راستا نیستند. این یافته‌ها اهمیت بازتعریف خدمات هیدرولوژیکی و طراحی سیاست‌های پرداخت برای خدمات بوم‌سازگان (PES) مبتنی بر نقش زیست‌محیطی مراتع را آشکار می‌سازد.

استناد: حسینی، س.ح.، س.ا. جوادی، ا. کرمی دهکردی، ح. ارزانی، ۱۴۰۵. برآورد ارزش اقتصادی خدمت ذخیره و تولید آب و تعیین قیمت آب با استفاده از روش پسماند در بوم‌سازگان‌های مرتعی حوزه آبخیز بنکوه. مرتع، ۲۰(۳): ۲۵۳-۲۷۲.

DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران © نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

مقدمه

خدمات بوم‌سازگان مجموعه‌ای از منافع مستقیم و غیرمستقیم هستند که انسان از عملکرد بوم‌سازگان‌ها دریافت می‌کند و به‌منظور تبیین ارتباط میان این خدمات و رفاه انسانی، معمولاً در چهار طبقه خدمات فراهم‌سازی، تنظیمی، فرهنگی و حمایتی طبقه‌بندی می‌شوند (۲۰). در این میان، خدمات مرتبط با آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و به‌طور کلی به دو گروه «خدمت تنظیم آب» و «خدمت عرضه و تأمین آب» تقسیم می‌شوند. خدمت عرضه و تأمین آب به فرآیندهایی نظیر پالایش، نگهداری و ذخیره‌سازی آب در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آبخوان‌ها مرتبط است (۳ و ۵). این خدمت اگرچه به چرخه هیدرولوژیکی بوم‌سازگان وابسته است، اما ماهیت آن بیش از تنظیم جریان، به ظرفیت ذخیره‌سازی آب در بوم‌سازگان‌ها وابسته است (۱۴، ۲۰). ازاین‌رو، میزان بهره‌مندی از این خدمت مستقیماً به مقدار آبی بستگی دارد که در بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰).

نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که بوم‌سازگان‌های مرتعی، به‌ویژه در مناطق کوهستانی و نیمه‌خشک، نقش قابل‌توجهی در تولید و ذخیره آب ایفا می‌کنند. بیشترین میزان تولید آبدهی در برخی حوزه‌های آبخیز کشور، مربوط به کاربری مرتع متراکم و نیمه‌متراکم گزارش شده است (۲۲). همچنین در مطالعات انجام‌شده در حوزه آبخیز دریاچه بُستن چین، بیشترین تولید آب به کاربری مرتع نسبت داده شده که این موضوع به مصرف کمتر آب از طریق تبخیر-تعرق و موقعیت توپوگرافی مراتع در ارتفاعات بالاتر نسبت داده می‌شود (۳۸). این ویژگی‌ها سبب می‌شود مراتع، به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی در تنظیم چرخه آب و تغذیه آبخوان‌ها، نقشی اساسی در پایداری منابع آب ایفا کنند.

به‌طور کلی، خدمات آب‌شناختی در مقایسه با برخی دیگر از خدمات بوم‌سازگان، نظیر خدمات فرهنگی و زیباشناختی، قابلیت بالاتری برای مدل‌سازی کمی دارند. ازاین‌رو، استفاده از ابزارهای مدل‌سازی هیدرولوژیکی در مطالعات کمی‌سازی و ارزش‌گذاری خدمات بوم‌سازگان آب به‌طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است (۳۷). با تشدید تخریب محیط‌زیست در نتیجه افزایش تقاضا برای خدمات بوم‌سازگانی، پیش‌بینی تغییرات بوم‌سازگان و اثر آن بر عرضه این خدمات، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود (۱۶). در این راستا، مدل‌های هیدرولوژیکی نظیر SWAT به‌عنوان ابزارهایی کارآمد برای شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی و برآورد خدمات مرتبط با آب در مقیاس حوزه آبخیز پیشنهاد شده‌اند (۸). مدل SWAT یک مدل نیمه‌توزیعی و فیزیک‌مبنا است که توسط سرویس تحقیقات کشاورزی ایالات متحده توسعه یافته و قابلیت شبیه‌سازی اثر شیوه‌های مدیریتی مختلف بر جریان، رسوب، عناصر غذایی و بیلان مواد شیمیایی را در دوره‌های زمانی بلندمدت دارا است (۲۹).

آب به‌عنوان یکی از ارزشمندترین منابع طبیعی، گنجینه‌ای مشترک برای جوامع انسانی به‌شمار می‌رود و پاسخ‌گوی نیاز بخش‌های مختلف اقتصادی است. مطالعات نشان داده‌اند که بخش قابل‌توجهی از پتانسیل آب ذخیره‌شده، به نحوه مدیریت منابع آب وابسته است (۳۲). ازاین‌رو، طراحی و اجرای سیاست‌های کارآمد مدیریت منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار است. در این میان، سیاست‌های قیمت‌گذاری منابع آبی می‌توانند با بازتاب ارزش واقعی و هزینه تأمین آب، نقش مؤثری در بهینه‌سازی مصرف و تخصیص آب به مصارف با ارزش‌تر ایفا کنند (۳۳، ۳۹).

ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات بوم‌سازگانی با بهره‌گیری از روش‌های متنوعی نظیر روش‌های بازارمحور، هزینه‌محور، تابع تولید، ترجیحات آشکارشده و اظهارشده، ارزش‌گذاری مشروط و انتقال منافع انجام می‌شود (۵). یکی از پرکاربردترین روش‌ها در ارزش‌گذاری آب کشاورزی در ایران، روش پسماند است که در زمره روش‌های مبتنی بر ترجیحات آشکارشده قرار می‌گیرد (۲۶). این روش بر پایه تحلیل بودجه مزرعه و تفاضل درآمد کل از هزینه نهاده‌های غیرآبی استوار بوده و به‌طور گسترده در ارزیابی اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب مورد استفاده قرار گرفته است. به‌کارگیری روش پسماند مستلزم دسترسی به اطلاعات دقیق بودجه‌ای، الگوی کشت و داده‌های تولیدی بوده و امکان برآورد قیمت سایه‌ای آب را در شرایط مختلف مدیریتی فراهم می‌سازد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

با وجود انجام مطالعات متعدد در زمینه ارزش‌گذاری اقتصادی آب در داخل و خارج از کشور، نتایج این مطالعات از نظر روش، واحد سنجش و مقادیر برآوردشده، دامنه گسترده‌ای را در بر می‌گیرد. این تفاوت‌ها نه‌تنها ناشی از تفاوت‌های روش‌شناختی، بلکه متأثر از شرایط نهادی، ویژگی‌های بوم‌شناختی، نوع کاربری اراضی و تفاوت‌های اقلیمی مناطق مورد مطالعه است. ازاین‌رو، یکی از چالش‌های اساسی در مطالعات خدمات بوم‌سازگان، کمی‌سازی دقیق مؤلفه‌های زیست‌محیطی به‌عنوان مبنای ارزش‌گذاری اقتصادی محسوب می‌شود.

بر این اساس، در پژوهش حاضر تلاش شده است با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT، خدمت ذخیره و تأمین آب بوم‌سازگان‌های مرتعی حوزه آبخیز بنکوه به‌صورت کمی برآورد شود و سپس با بهره‌گیری از روش پسماند مبتنی بر بودجه مزرعه، قیمت سایه‌ای و ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب تولیدی محاسبه گردد. نتایج این مطالعه می‌تواند مبنایی علمی برای طراحی سیاست‌های مدیریت پایدار منابع آب و پرداخت برای خدمات بوم‌سازگان در مناطق مرتعی فراهم آورد.

مواد و روش ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

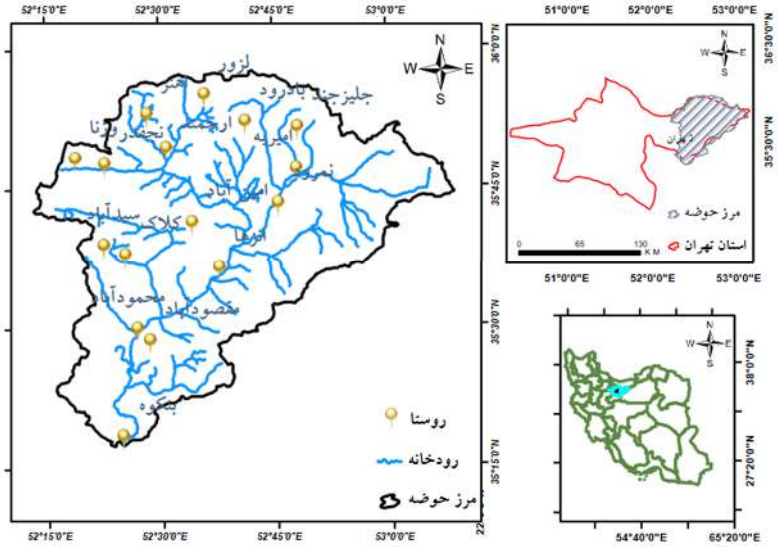
حوزه آبخیز بنکوه با مساحت ۳۲۶۹ کیلومترمربع، در استان تهران و در محدوده مختصات جغرافیایی ۳۵° تا ۳۶° و ۱۰′ عرض شمالی و ۵۱° و ۳۹′ تا ۵۳° و ۸′ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). دامنه ارتفاعی این حوزه از ۸۳۰ تا ۴۰۵۳ متر از سطح دریا متغیر بوده و از نظر توپوگرافی، عمدتاً ماهیتی کوهستانی دارد (۲۳).

کاربری غالب اراضی در حوزه بنکوه مرتع است و اراضی کشاورزی عمدتاً به بستر دره‌ها، حاشیه رودخانه‌ها و دشت‌های کوچک پایین‌دست محدود می‌شود. تراکم سکونتگاه‌های انسانی در این حوزه نسبتاً کم است، با این حال فعالیت‌های دامداری و باغداری در بخش‌هایی از منطقه گسترش یافته‌اند. حوزه رودخانه حبله‌رود که حوزه بنکوه بخشی از آن را تشکیل می‌دهد، طی دهه‌های اخیر با کاهش شدید آبدهی مواجه بوده است (۴).

از جمله چالش‌های اصلی این حوزه می‌توان به افت سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش کیفیت آب، افزایش شوری منابع آب و خاک، بروز سیلاب، افزایش برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی، چرای مفرط دام، تغییر کاربری مراتع به دیمزارهای کم‌بازده، توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی اشاره کرد (۱). همچنین، وجود اراضی سست و مارنی به‌ویژه در بخش‌های جنوبی حوزه، موجب افزایش تولید رسوب شده است (۲). شکل (۱) موقعیت حوزه آبخیز مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز مورد مطالعه در ایران و استان تهران

- مدل‌سازی هیدرولوژیکی با استفاده از SWAT

به‌منظور برآورد کمی خدمت ذخیره و تولید آب در بوم‌سازگان‌های مرتعی حوزه بنکوه، از مدل هیدرولوژیکی SWAT استفاده شد. این مدل، یک مدل نیمه‌توزیعی و فیزیک‌مبنا است که قابلیت شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی در مقیاس حوزه آبخیز را دارا است. پس از آماده‌سازی داده‌های ورودی شامل مدل رقومی ارتفاع، نقشه کاربری اراضی، نقشه خاک، داده‌های اقلیمی و مدیریتی، حوزه آبخیز به ۲۹ زیرحوزه و ۱۵۴ واحد واکنش هیدرولوژیک (HRU) تفکیک شد. سپس مدل برای دوره آماری مورد مطالعه اجرا و با استفاده از شاخص‌های آماری متداول، واسنجی و صحت‌سنجی گردید. در این پژوهش، خروجی‌های هیدرولوژیکی مرتبط با خدمت ذخیره و تولید آب شامل رواناب سطحی خروجی(SUR_Q) و جریان جانبی یا تخلیه آب‌های زیرزمینی در دسترس (GW_Q) از مدل استخراج شد. این متغیرها به‌عنوان شاخص‌های کمی برای ارزیابی نقش بوم‌سازگان مرتعی در تنظیم چرخه آب مورد استفاده قرار گرفتند.

- برآورد حجم آب تولیدی و ذخیره‌شده

با استفاده از خروجی‌های مدل SWAT، میزان تولید و ذخیره آب در هر یک از زیرحوزه‌ها متناسب با مساحت آن‌ها محاسبه شد. در این مرحله، تمرکز اصلی بر جریان زیرزمینی (GW_Q) به‌عنوان شاخص اصلی تغذیه آبخوان و خدمت ذخیره آب بوم‌سازگان مرتعی بود. رواناب سطحی (SUR_Q) صرفاً به‌منظور تحلیل رفتار هیدرولوژیکی حوزه مورد استفاده قرار گرفت و به‌عنوان بخشی از خدمت ذخیره آب تلقی نشد.

ارزش‌گذاری اقتصادی آب با استفاده از روش پسماند

به‌منظور تعیین قیمت سایه‌ای آب، از روش پسماند مبتنی بر بودجه مزرعه استفاده شد. این روش در زمره روش‌های ترجیحات آشکارشده قرار داشته و بر اساس تحلیل درآمد و هزینه‌های تولید کشاورزی، ارزش نهاده آب را به‌صورت باقیمانده محاسبه می‌کند. در این پژوهش، اطلاعات مربوط به الگوی کشت، عملکرد، هزینه‌های تولید و درآمد محصولات زراعی و باغی در دو شهرستان فیروزکوه و دماوند گردآوری شد. همچنین هزینه احداث باغ، ارزش اولیه و ارزش آتی محصولات باغی و میزان استفاده هر بخش (کشاورزی، شرب و صنعت) از منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه لحاظ گردید. قیمت سایه‌ای آب به‌صورت رابطه (۱) محاسبه شد:

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

رابطه (۱)

$$\text{Price}_w = \frac{TR - \varepsilon C_i}{W}$$

که در آن، ، TR درآمد کل تولید، εC_i مجموع هزینه نهاده‌های غیرآبی و W مقدار آب مصرفی (مترمکعب) است. قیمت به‌دست‌آمده صرفاً برای آبی در نظر گرفته شد که به‌طور واقعی در بخش‌های کشاورزی و شرب مصرف می‌شود.

- برآورد ارزش اقتصادی خدمت ذخیره و تولید آب

در مرحله نهایی، ارزش اقتصادی خدمت ذخیره و تولید آب در هر زیرحوزه و در کل حوزه آبخیز بنکوه، از حاصل‌ضرب قیمت سایه‌ای آب در حجم آب ذخیره‌شده (بر اساس خروجی GW_Q مدل) محاسبه شد. نتایج این مرحله مبنای تحلیل فضایی ارزش اقتصادی خدمات بوم‌سازگان مرتعی در حوزه مورد مطالعه قرار گرفت.

تراکم جمعیتی و مناطق مسکونی حوزه نسبتاکم است و اراضی زراعی نیز محدود به بستر دره‌ها و کنار رودخانه‌ها در بالادست و دشت‌های کوچک در پائین‌دست است و کاربری غالب منطقه مرتع است. حوزه حبله‌رود در طول دهه‌های‌گذشته روند کاهش‌آبدهی شدیدی را تجربه کرده است (۴). عمده‌ترین کاربری‌های اراضی شامل مراتع و چراگاه‌های فصلی، اراضی کشاورزی دیم، باغات و اراضی بایر هستند. حوزه رودخانه حبله‌رود دارای مشکلات طبیعی و انسان‌ساخت زیادی (از جمله پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش‌کیفیت‌آب، افزایش‌املاح و شوری آن، کاهش‌کیفیت خاک زراعی و شوری‌اراضی، بروز سیلاب، افزایش برداشت از آب رودخانه حبله‌رود در بالادست و از چاه‌های کشاورزی، تصرفات اراضی ملی در عرصه‌های بالادست رودخانه، چرای بیش از حد دام‌ها ، تبدیل مراتع به دیمزارهای کم‌بازده، تخریب‌جنگل، توسعه شهرنشینی و توسعه صنعتی) است (۱). دامپروری و باغداری در حوزه گسترش زیادی دارند. زمین‌های سست که عموماً اراضی مارنی بوده در جنوب حوزه گسترش یافته است. همین اراضی به تنهایی حجم گسترده‌ای از رسوبات حوزه را تولید می‌کنند (۲).

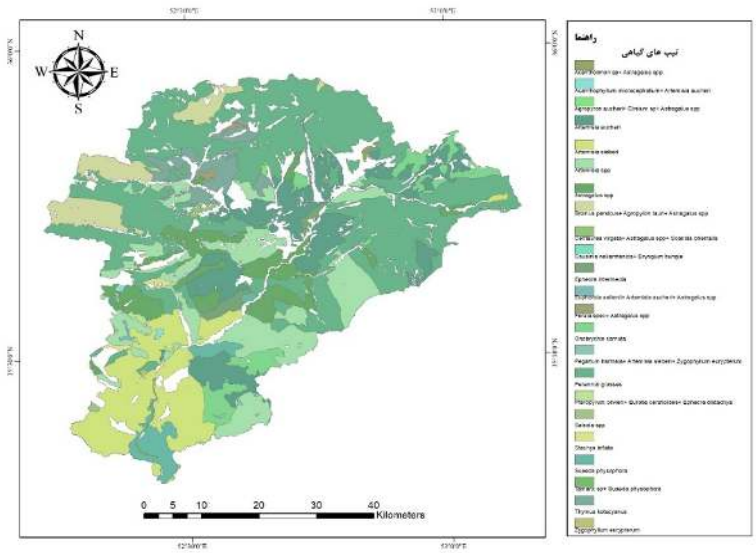
قسمت عمده اراضی‌آبی و باغات در طرفین رودخانه و سرشاخه‌ها وجود دارد. ترکیب‌گیاهی زراعت‌ها و باغات در مناطق مختلف حوزه متفاوت بوده، ترکیبات‌گیاهی باغات در نوار رودخانه‌های بسیار محدود و عموما شامل غلات، علوفه، سیب‌زمینی، قلمستان‌های بید و تبریزی و باغات سیب و گردو است. در جنوب حوزه که هوا معتدل تر بوده، کشت پنبه همراه با باغات انار و انجیر وجود دارد. دشت‌های وسیع و حاصلخیز مساحت زیادی ندارند. در دشت فیروزکوه زراعت غلات، علوفه، دانه‌های روغنی، سیب‌زمینی و باغات سیب توأم با قلمستان‌های بید و تبریزی موجود است. در روستای آرو وسعت زیادی به ویلاسازی اختصاص یافته است. حوزه موردمطالعه، بیشتر دارای کاربری مرتع و کوهستانی است (۲). در ادامه نقشه تیپ‌های‌گیاهی منطقه نیز، آورده شده‌است (شکل ۲).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

جدول ۱: فهرست تیپ‌های گیاهی حوزه آبخیز بنکوه

ردیف	کد تیپ	ترکیب دو گونه ابتدایی تیپ‌های گیاهی
۱	Ac. Sp + As.spp	*Acantholimon sp+ Astragalus spp.*
۲	Ac.ph + Ar.au	*Acanthophyllum microcephallum+ Artemisia aucheri.*
۳	Ag.au+ Ci. sp + As.spp	*Agropyron aucheri+ Cirsium sp+ Astragalus spp.*
۴	Ar.spp	*Artemisia spp.*
۵	Ar.au	*Artemisia aucheri.*
۶	Ar.si	*Artemisia sieberi.*
۷	As.spp	*Astragalus spp.*
۸	Br.pe+ Ag.ta+ As.spp	*Bromus persicus+ Agropyron tauri+ Astragalus spp.*
۹	Ce.vi+ As.spp+ Sc. or	*Centaurea virgata+ Astragalus spp+ Scariola orientalis.*
۱۰	Co.ne+ Er.bu	*Cousinia nekarmanica+ Eryngium bungie.*
۱۱	Eph.in	*Ephedra intermedia.*
۱۲	Eu.ae + Ar.au+ As.spp	*Euphorbia aellenii+ Artemisia aucheri+ Astragalus spp.*
۱۳	Fe. Spec + As.spp	*Ferula.spec+ Astragalus spp.*
۱۴	On co	*Onobrychis cornuta.*
۱۵	Pe.ha+ Art.si+ Zy.eu	*Peganum harmala+ Artemisia sieberi+ Zygophyllum eurypterum.*
۱۶	Pe.gr	*Perennial grasses.*
۱۷	PT.ol + Eu.ce+ Eph.di	*Pteropyrum olivieri+ Eurotia ceratioides+ Ephedra distachya.*
۱۸	Sa.spp	*Salsola spp.*
۱۹	ST.in	*Stachys inflata.*
۲۰	Su.ph	*Suaeda physophora.*
۲۱	Ta.sp+ Su.ph	*Tamarix sp+ Suaeda physophora.*
۲۲	Th. ko	*Thymus kotscyanus.*
۲۳	Zy.eu	*Zygophyllum eurypterum.*



شکل ۲: نقشه تیپ‌های‌گیاهی حوزه‌آبخیز بنکوه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

روش تحقیق

تعیین میزان ذخیره و تأمین آب در این پژوهش بر پایه رویکرد بیلان آب انجام شد. روش‌های تدوین بیلان آب به‌عنوان یکی از مباحث بنیادین علم هیدرولوژی، ابزار اصلی برای ارزیابی کمی منابع آب و تغییرات آن‌ها در اثر عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی محسوب می‌شوند (۳۴). بر این اساس، پارامترهای اصلی بیلان آب شامل بارش، ذوب برف، تبخیر و تعرق بالقوه و واقعی، رطوبت خاک، رواناب سطحی، جریان پایه و جریان زیرزمینی در نظر گرفته شد.

در این پژوهش، شبیه‌سازی چرخه هیدرولوژیکی حوزه آبخیز بنکوه با استفاده از مدل SWAT و بر اساس معادله بیلان آب انجام گرفت (۳۰). به‌منظور لحاظ‌کردن ناهمگنی‌های مکانی، حوزه آبخیز به ۲۹ زیرحوزه و ۱۵۴ واحد واکنش هیدرولوژیکی (HRU) تقسیم شد، به‌طوری که هر HRU از نظر ویژگی‌های فیزیوگرافی شامل شیب، ارتفاع، خاک و کاربری اراضی تا حد امکان همگن باشد. محاسبات اجزای بیلان آب ابتدا در مقیاس HRU انجام و سپس به‌صورت میانگین وزنی در سطح زیرحوزه‌ها تجمیع گردید. پردازش داده‌های مکانی و تهیه لایه‌های ورودی مدل SWAT با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS انجام شد (۳۴).

- کمّی‌سازی خدمت ذخیره و تأمین آب

به‌منظور کمّی‌سازی خدمت ذخیره و تولید آب، از خروجی‌های رواناب سطحی (SUR_Q) و جریان زیرزمینی (GW_Q) مدل SWAT استفاده شد. لازم به تأکید است که در مدل SWAT، متغیر GW_Q نمایانگر جریان پایه (Baseflow) ورودی به شبکه رودخانه و شاخصی از تغذیه آبخوان است و با جریان جانبی (QLAT) تفاوت مفهومی دارد. بر این اساس، GW_Q به‌عنوان شاخص اصلی «آب قابل‌دسترس از منابع زیرزمینی» در نظر گرفته شد.

با وجود آن‌که در برخی مطالعات، آبدهی کل حوزه (WYLD = SUR_Q + GW_Q + QLAT) به‌عنوان شاخص خدمت تولید آب استفاده می‌شود، در اکوسیستم‌های مرتعی که نقش اصلی آن‌ها کاهش رواناب و افزایش نفوذ است، رواناب سطحی (SUR_Q) بیش از آن‌که نشان‌دهنده خدمت مثبت باشد، بیانگر کاهش کارایی سامانه در ذخیره آب و افزایش پتانسیل سیلاب است. ازاین‌رو، در این پژوهش، خدمت ذخیره آب صرفاً بر اساس افزایش GW_Q و نقش پوشش گیاهی مراتع در تقویت تغذیه آبخوان تعریف و کمّی‌سازی شد. این رویکرد با نتایج پژوهش‌های غلامی (۱۹۹۴)، همت‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) و یگانه و همکاران (۲۰۲۱) همخوانی دارد.

- ارزش‌گذاری اقتصادی آب با استفاده از روش پسماند

برای برآورد ارزش اقتصادی آب، از روش پسماند مبتنی بر بودجه مزرعه (Farm Budget–Based Residual Value Method) استفاده شد که یکی از پرکاربردترین روش‌ها در ارزش‌گذاری اقتصادی آب کشاورزی در ایران به‌شمار می‌رود (۲۶). این روش بر تحلیل بودجه تولید محصولات زراعی و باغی استوار بوده و نیازمند اطلاعات دقیق مربوط به عملکرد، قیمت محصول، هزینه‌های تولید و میزان مصرف نهاده‌ها است (۱۵).

در این پژوهش، بودجه تولید محصولات عمده زراعی و باغی شهرستان‌های فیروزکوه و دماوند (واقع در حوزه آبخیز بنکوه) تدوین شد. فرض اساسی روش پسماند، رقابتی بودن بازار نهاده‌ها و محصولات است. اگر W میزان مصرف آب و K_i سایر نهاده‌های تولید باشد، ارزش نهایی تولید آب بر اساس روابط زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۲)

$$TVPy = \sum_{i=1}^{n} VMP_i K_i + VMP_w W$$

که در رابطه (۲) $TVPy$ ارزش کل محصول تولیدی، VMP_i ارزش تولید نهایی نهاده i ام، K_i مقدار نهاده i ام، VMP_w ارزش تولید نهایی نهاده آب می باشد. بنابر رابطه (۳) می توان نوشت :

رابطه (۳)

$$VMPw = \frac{TVPy - \sum_{i=1}^{n} VMPiki}{W} = P_W$$

یعنی اگر از ارزش کل محصول تولیدی سالیانه کشاورز، همه هزینه‌ها بجز هزینه آب کسر و حاصل بر مقدار آب مصرفی تقسیم شود، مقدار حاصل شده نشان‌دهنده بیشترین مقداری است که کشاورز می‌تواند برای آب بپردازد تا همه هزینه‌هایش را پوشش دهد (رابطه ۳).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

- برآورد نهایی ارزش اقتصادی خدمت ذخیره آب

در مرحله نهایی، تنها حجم آب زیرزمینی تولیدشده (GW_Q) در زیرحوزه‌هایی که دارای مصرف واقعی انسانی (کشاورزی و شرب) بودند، در قیمت آب محاسبه‌شده به روش پسماند ضرب شد. این محدودسازی از آن جهت اعمال شد که در زیرحوزه‌های مرتعی بالادست بدون مصرف مستقیم، آب تولیدشده وارد چرخه اقتصادی نمی‌شود و بنابراین، فاقد ارزش اقتصادی مستقیم است. این رویکرد با اصول ارزش‌گذاری خدمات بوم‌سازگان (۸ و ۲۲) و دستورالعمل‌های ملی انطباق دارد.

نتایج

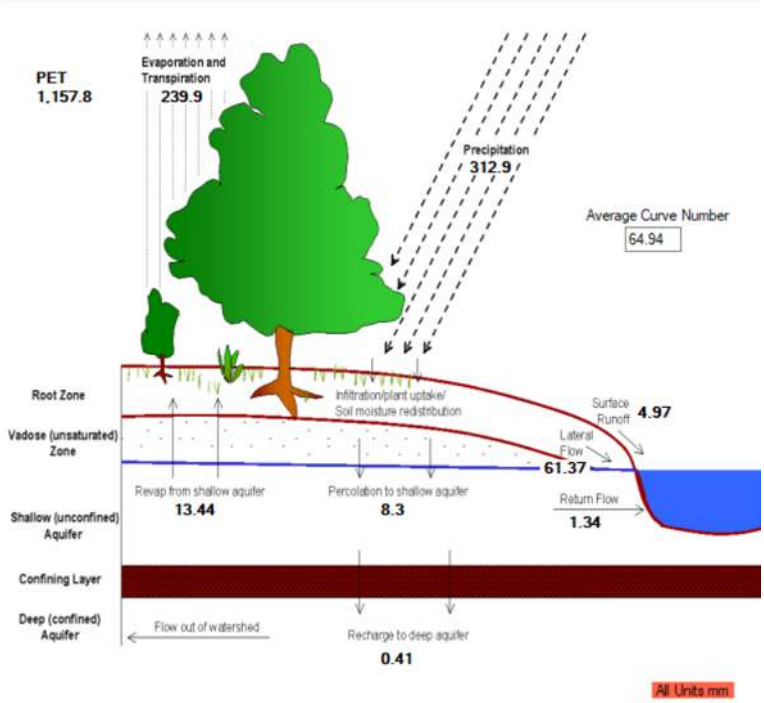
- برآورد آب ذخیره شده با استفاده از مدل SWAT

به‌منظور کمّی‌سازی خدمات ذخیره و تأمین آب در حوزه آبخیز بنکوه، از مدل هیدرولوژیکی SWAT استفاده شد. در این پژوهش، اگرچه خروجی آبدهی کل مدل (WYLD) شامل مجموع رواناب سطحی (SUR_Q)، جریان زیرزمینی (GW_Q) و جریان جانبی است، اما تحلیل خدمت اکوسیستمی ذخیره آب صرفاً بر پایه مؤلفه جریان زیرزمینی (GW_Q) انجام شد؛ زیرا GW_Q نمایانگر تغذیه آبخوان و ذخیره واقعی آب در سامانه‌های مرتعی است، درحالی‌که رواناب سطحی بیشتر نشان‌دهنده اتلاف آب و کاهش نفوذ است. بر اساس خروجی‌های شبیه‌سازی مدل SWAT(شکل ۳)، میانگین سالانه رواناب سطحی خروجی (SUR_Q) برابر ۴/۹۷ میلی‌متر و جریان زیرزمینی (GW_Q) معادل ۶۱/۳۷ میلی‌متر برآورد شد. این مقادیر پس از تبدیل به واحد مترمکعب در هکتار، مبنای محاسبه حجم آب ذخیره‌شده در هر یک از ۲۹ زیرحوزه و ۱۵۴ واحد واکنش هیدرولوژیک (HRU) قرار گرفت. بدین ترتیب، امکان ارزیابی فضایی تغییرات خدمت ذخیره آب در سطح حوزه فراهم شد.

اعتبارسنجی مدل SWAT با استفاده از شاخص‌های آماری NSE، RSR و PBIAS انجام گرفت. نتایج نشان داد که مقدار PBIAS برای جریان سطحی کمتر از ±۱۰ درصد و مقدار NSE بیش از ۰/۷۵ است که بر اساس معیارهای موریاسی و همکاران (۲۰۰۷)، بیانگر عملکرد بسیار خوب مدل در شبیه‌سازی مؤلفه‌های هیدرولوژیکی حوزه است (جدول ۲). توزیع مکانی حجم آب ذخیره‌شده (بر اساس GW_Q) در سطح حوزه، در قالب پنج کلاس، در شکل (۴) نمایش داده شده است. این نقشه نشان می‌دهد که بیشترین میزان ذخیره آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و جنوبی حوزه رخ داده است که هم‌زمان دارای پوشش مرتعی نسبتاً متراکم و شرایط اقلیمی مناسب برای نفوذ آب می‌باشند. همچنین، میزان آب ذخیره‌شده توسط تیپ‌های گیاهی مختلف منطقه بر اساس خروجی‌های مدل SWAT در جدول (۳) ارائه شده است. بر این اساس، تیپ گیاهی *Agropyron aucheri + Cirsium sp. + Astragalus* spp. با ۱۷۷٫۹۷ مترمکعب در هکتار بیشترین و تیپ گیاهی *Zygophyllum eurypterum* با ۲۲٫۳۸ مترمکعب در هکتار کمترین میزان ذخیره آب را به خود اختصاص داده‌اند. این نتایج نشان‌دهنده نقش تعیین‌کننده ترکیب گونه‌ای پوشش گیاهی در افزایش نفوذ آب و تغذیه آبخوان در اکوسیستم‌های مرتعی است. اعتبار مدل نیز برآورد گردید و کمتر از ۱۰ بود. بدین ترتیب و براساس جدول (۲)، رتبه مدل خیلی خوب برآورد گردید. خروجی میزان تولیدآب (آبدهی کل) حوزه‌آبخیز بنکوه به‌ازای مترمکعب در هکتار در ۵ کلاس به صورت نقشه (شکل ۴)، نشان داده شد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]



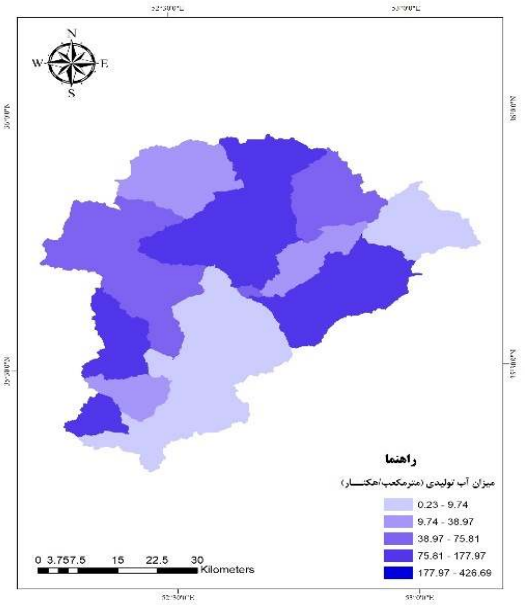
شکل ۳: طرح شماتیک SwatCheck از خروجی های مدل در حوزه آبخیز بنکوه

جدول ۲: رتبه بندی عملکرد کلی برای آمار توصیه شده برای یک مرحله زمانی ماهانه (۲۵)

رتبه بندی عملکرد	RSR	NSE	PBIAS (%)	
			جریان آب	رسوب
خیلی خوب	0.00 < RSR < 0.50	0.75 < NSE < 1.00	PBIAS < ±10	PBIAS < ±15
خوب	0.50 < RSR < 0.60	0.65 < NSE < 0.75	±10 < PBIAS < ±15	±15 < PBIAS < ±30
رضایت بخش	0.60 < RSR < 0.70	0.50 < NSE < 0.65	±15 < PBIAS < ±25	±30 < PBIAS < ±55
نامطلوب	RSR > 0.70	NSE < 0.50	PBIAS > ±25	PBIAS > ±55

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]



شکل ۴: نقشه میزان آب تولیدی (آبدهی کل) حوزه آبخیز بنکوه براساس خروجی‌های مدل SWAT

همچنین آب تولید و ذخیره‌شده توسط تیپ‌های گیاهی منطقه در جدول (۳) نشان داده شده‌است. براساس این جدول، تیپ‌گیاهی *Agropyron aucheri + Cirsium sp + Astragalus spp* با ۱۷۷/۹۷ مترمکعب در هکتار بیشترین میزان آب‌تولیدی و تیپ‌گیاهی *Zygophyllum eurypterum* با ۲۲/۳۸ مترمکعب در هکتار کمترین میزان آب تولیدشده حوزه آبخیز بنکوه را براساس خروجی‌های مدل SWAT به خود اختصاص داده‌است.

برآورد قیمت آب به روش پسماند

در این مرحله، با استفاده از داده‌های مربوط به الگوی کشت، سطح زیرکشت، هزینه‌های تولید، عملکرد، درآمد خالص و هزینه احداث باغ در دو شهرستان فیروزکوه و دماوند (به‌عنوان تنها مناطق دارای مصرف مستقیم آب در پایین‌دست حوزه)، قیمت اقتصادی آب به روش پسماند محاسبه شد. همچنین سهم هر یک از بخش‌های مصرفی (کشاورزی، شرب و صنعت) از منابع آب سطحی (سد نمرود) و زیرزمینی در هر شهرستان برآورد گردید. نتایج نشان داد که میانگین وزنی ارزش اقتصادی آب زیرزمینی در سطح کل حوزه آبخیز بنکوه برای سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۲۵۵۸۷ ریال به ازای هر مترمکعب است (جداول ۴ تا ۶). این مقدار بیانگر حداکثر قیمتی است که بهره‌برداران کشاورزی می‌توانند برای هر مترمکعب آب پرداخت نمایند، به‌گونه‌ای که سودآوری تولید حفظ شود.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

جدول ۳: میزان آب تولید و ذخیره‌شده تیپ‌های‌گیاهی براساس خروجی‌های مدل SWAT

تیپ‌های گیاهی	آب تولید شده	مساحت (Km^2)
Acantholimon sp + Astragalus spp	۶۲/۲۷	۳/۰۹۱۴۳
Acanthophyllum microcephallum + Artemisia aucheri	۶۶/۱۵۳۳۳	۳/۵۳۴۷
Agropyron aucheri + Cirsium sp + Astragalus spp	۱۷۷/۹۷	۱/۹۹۴۸
Artemisia aucheri	۹۱/۰۳۴۲	۳۴۱/۵۸۶۳
Artemisia sieberi	۳۶/۲۶۳	۳۲۲/۸۰۲۳
Artemisia spp	۸۹/۷۲۸۲	۳۸۴/۸۵۴۸
Astragalus spp	۷۷/۲۹۴۱	۲۰۴/۸۲۸۲
Bromus persicus + Agropyron tauri + Astragalus spp	۸۴/۵۳	۱۳۷/۲۴۷۷
Centaurea virgata+ Astragalus spp+ Scariola orientalis	۱۲۲/۶۵	۴/۶۴۷۲
Cousinia nekarmanica + Eryngium bungie	۱۰۱/۸۲	۰/۳۴۶۹
Ephedra intermedia	۶۷/۳۳۲۸	۲۵/۶۷۰۷
Euphorbia aellenii + Artemisia aucheri + Astragalus spp	۱۴۶/۹۷	۲/۴۶۳۲
Ferula.spec + Astragalus spp	۱۲۲/۶۵	۷/۴۲۸۲
Onobrychis cornuta	۵۸/۶۹۸۷	۱۱۴/۴۹۱۵
Peganum harmala + Artemisia sieberi + Zygophyllum eurypterum	۲۵/۶۹	۲/۲۳۳۵
Perennial grasses	۷۱/۹۵۴۳	۱۱۱۹/۰۵۳۳
Pteropyrum olivieri + Eurotia ceratioides + Ephedra distachya	۱۴۶/۹۷	۳/۴۲۴۵
Salsola spp	۹۰/۳۸۳۳	۳/۵۲۸۶
Stachys inflata	۹۸/۳	۷/۶۰۷۷
Suaeda physophora	۵۸/۹۸۳۳	۷۳/۶۰۹۹
Tamarix sp + Suaeda physophora	۱۱/۸۹۳۳	۳/۴۶۳۸
Thymus kotscyanus	۹۶/۳۳۱۴	۱۰۳/۹۹۰۶
Zygophyllum eurypterum	۲۲/۳۸	۱/۰۲۵۵

جدول ۴: ارزش اقتصادی آب شهرستان دماوند برای محصولات زراعی و باغی (منبع : یافته‌های تحقیق)

نام محصول	سطح زیر کشت	سهم محصول	ارزش اقتصادی (۱۰ریال)	
			آب سطحی	آب زیرزمینی
گندم آبی	۹۷۹	۰/۷۰۲	۸۸۳۰	۹۴۴۰
خیار آبی	۱۱۷	۰/۰۸۳	۲۳۳۱۲	۲۴۰۴۱
سیب زمینی آبی	۳۵/۳	۰/۰۲۵۳	۱۸۸۰۸	۱۷۹۶۴
یونجه آبی	۱۴۷/۵	۰/۱۰۵	۳۲۲۶	۳۴۸۹
لوبیا چیتی آبی	۱۱۵/۵	۰/۰۸۲	۴۹۷۶	۵۲۱۸
جمع کل	۱۳۹۴/۳	۱	----	----
میانگین‌وزنی ارزش اقتصادی	----	----	۹۳۸۶	۹۹۰۲
سیب	۵۸۰۹	۰/۷۷۶	۳۲۲۱۴	
هلو و شلیل	۹۶۵	۰/۱۲۹	۱۷۸۴۳	
گیلاس	۴۴۸	۰/۰۵۹	۴۸۶۸۴	
انگور	۱۳	۰/۰۰۱	۲۲۵۷۱۷	
انار	۹۴	۰/۰۱۲	۲۰۹۹۸	
زردآلو و قیسی	۱۵۱/۴	۰/۰۲	۲۹۸۱۵	
جمع کل	۷۴۸۰/۴	۱	----	
میانگین‌وزنی ارزش‌اقتصادی	----	-----	۳۱۴۹۳	

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

جدول ۵: ارزش اقتصادی آب شهرستان فیروزکوه برای محصولات زراعی و باغی (منبع : یافته‌تحقیق)

نام محصول	سطح زیر کشت	سهم محصول	ارزش اقتصادی (۱۰ریال)	
			آب سطحی	آب زیرزمینی
گندم آبی	۱۰۱۰	۰/۲۴۳	۹۹۷۰	۱۰۱۵۶
خیار آبی	۱۰۰	۰/۰۲۴	۲۹۶۷۸	۲۹۰۲۱
سیب زمینی آبی	۷۰۰	۰/۱۶۸	۲۲۰۰۰	۲۳۴۶۹
یونجه آبی	۲۳۵۰	۰/۵۶۵	۱۹۰۵	۲۴۱۱
جمع کل	۴۱۶۰	۱	----	----
میانگین‌وزنی ارزش‌اقتصادی	----	----	۷۹۱۲	۸۴۷۴
سیب	۱۲۹۰	۰/۶۶	۳۰۸۶۸	
انار	۳۳۵	۰/۱۷	۲۰۹۹۸	
زردآلو و قیسی	۲۷۰	۰/۱۴	۲۹۸۱۵	
گیلاس	۶۸	۰/۰۳	۴۸۶۸۴	
جمع کل	۱۹۶۳	۱	----	
میانگین‌وزنی ارزش‌اقتصادی	----	-----	۲۹۶۵۶	

جدول ۶: ارزش اقتصادی آب در حوزه آبخیز بنکوه به روش پسماند (منبع : یافته تحقیق)

میزان آب	فیروزکوه	دماوند	کل حوزه	سهم		حوزه ،	ارزش کل آب (۱۰ریال)	PPI 1402 (ریال)
				فیروزکوه	دماوند			
سطحی	۶۴/۳۸	۳۷/۱۴	۱۰۱/۵۲	۰/۶۳	۰/۳۷	۰/۴۲	۲۱۶۷۰	۲۸۷۳۵۰
زیرزمینی	۴۳/۱۳	۹۹/۸۳	۱۴۲/۹۶	۰/۳	۰/۷	۰/۵۸	۹۴۷۱	۱۲۵۵۸۷
کل	۱۰۷/۵۱	۱۳۶/۹۷	۲۴۴/۴۹	----	----	۱	۱۴۵۳۷	۱۹۲۷۵۹

برآورد ارزش‌اقتصادی خدمت ذخیره و تامین آب

به‌منظور برآورد ارزش اقتصادی خدمت ذخیره و تأمین آب، حاصل‌ضرب قیمت آب (برآوردشده با روش پسماند) در حجم آب زیرزمینی ذخیره‌شده (GW_Q) محاسبه گردید. این محاسبه به‌صورت مجزا برای هر یک از ۲۹ زیرحوزه انجام شد تا امکان تحلیل فضایی ارزش خدمات اکوسیستمی فراهم شود (جدول ۷). نتایج نشان داد که بیشترین ارزش اقتصادی آب به ازای هر هکتار مربوط به زیرحوزه شماره ۸ با مقدار ۵۳۵۸۶۷۰۱ ریال در هکتار است. این زیرحوزه تنها زیرحوزه‌ای است که دارای سطح کشاورزی فعال بوده و آب ذخیره‌شده در آن مستقیماً وارد چرخه مصرف اقتصادی می‌شود. در مقابل، کمترین ارزش اقتصادی به زیرحوزه شماره ۷ با ۲۸۸۸۵ ریال در هکتار تعلق دارد که به‌دلیل مرتعی‌بودن کامل و نبود مصرف مستقیم آب، ارزش اقتصادی آن صرفاً جنبه بالقوه دارد. در مجموع، ارزش اقتصادی کل آب زیرزمینی ذخیره‌شده در حوزه آبخیز بنکوه برابر با ۲۵۴۱/۸۲ میلیارد ریال و متوسط ارزش اقتصادی آب زیرزمینی به ازای هر هکتار معادل ۳۰۷ میلیون ریال در سال برآورد شد (جدول ۸). توزیع مکانی ارزش اقتصادی آب در پنج کلاس مختلف در شکل ۵ نمایش داده شده است که تمرکز ارزش اقتصادی در زیرحوزه‌های پایین‌دست و مصرف‌کننده آب را به‌خوبی نشان می‌دهد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

جدول ۷ : برآورد ارزش اقتصادی آب به روش پسماند به تفکیک هر زیرحوزه (منبع : یافته‌تحقیق)

زیرحوزه	سطح مرتعی ha	سطح کشاورزی ha	ذخیره آب مرتعی m^3/ha	ذخیره آب کشاورزی m^3/ha	کل آب ذخیره شده m^3/ha	آبدهی کل M^3/ha	ارزش‌اقتصادی آب درهرهکتار(ریال)	ارزش‌اقتصادی‌کل (میلیارد ریال)
۱	۹۱۱۲	۰	۳۵۵۰۹۴/۶۴	۰	۳۵۵۰۹۴/۶۴	۳۸/۹۷	۴۸۹۴۱۲۴	۴۴/۶
۲	۱۶۶۷۴/۴	۰	۶۴۱۶۳۰/۹۱۲	۰	۶۴۱۶۳۰/۹۱۲	۳۸/۴۸	۴۸۳۲۵۸۶	۸۱/۵۸
۳	۱۹۵۳	۰	۱۰۱۸۴۸/۹۵	۰	۱۰۱۸۴۸/۹۵	۵۲/۱۵	۶۵۴۹۳۶۰	۱۲/۷۹
۴	۱۴۳۵۷	۰	۶۹۰۷۱۵/۲۷	۰	۶۹۰۷۱۵/۲۷	۴۸/۱۱	۶۰۴۱۹۸۸	۸۶/۷۴
۵	۱۲۹۸۵	۰	۸۰۸۵۷۵/۹۵	۰	۸۰۸۵۷۵/۹۵	۶۲/۲۷	۷۸۲۰۳۰۰	۱۰۱/۵۵
۶	۳۵۳۱	۰	۱۳۰۴۷۰/۴۵	۰	۱۳۰۴۷۰/۴۵	۳۶/۹۵	۴۶۴۰۴۳۸	۱۶/۳۹
۷	۸۶۳۱	۰	۱۹۸۵/۱۳	۰	۱۹۸۵/۱۳	۰/۲۳	۲۸۸۸۵	۰/۲۵
۸	۲/۳۴	۵/۷۶	۹۹۸/۴۵۴۶	۲۵۶۸/۳۸۴	۳۵۶۶/۸۳۸۶	۴۲۶/۶۹	۵۳۵۸۶۷۰۱	۰/۴۵
۹	۱۶۸۹۶	۰	۲۰۱۷۸۸۹/۲۸	۰	۲۰۱۷۸۸۹/۲۸	۱۱۹/۴۳	۱۴۹۹۸۸۵۱	۲۵۳/۴۲
۱۰	۱۲/۹	۱/۵۳	۲۱۹۸/۹۳۴	۶۸۲/۲۲۷	۲۸۸۱/۱۶۱	۱۷۰/۴۶	۲۱۴۰۷۵۵۴	۰/۳۶
۱۱	۸۴۱۲	۰	۶۳۷۷۱۳/۷۲	۰	۶۳۷۷۱۳/۷۲	۷۵/۸۱	۹۵۲۰۷۴۸	۸۰/۰۹
۱۲	۱۱۴۳۱	۰	۳۷۷۲/۲۳	۰	۳۷۷۲/۲۳	۰/۳۳	۴۱۴۴۴	۰/۴۷
۱۳	۱۱۷۵۰	۰	۱۳۱۹۲۹۰	۰	۱۳۱۹۲۹۰	۱۱۲/۳۸	۱۴۱۰۰۹۰۴	۱۶۵/۶۹
۱۴	۱۷۳۰۵	۰	۳۰۷۹۷۷۰/۸۵	۰	۳۰۷۹۷۷۰/۸۵	۱۷۷/۹۷	۲۲۳۵۰۷۱۲	۳۸۶/۷۸
۱۵	۱۵۶۹۳	۰	۱۹۲۴۷۴۶/۴۵	۰	۱۹۲۴۷۴۶/۴۵	۱۲۲/۶۵	۱۵۴۰۳۲۴۱	۲۴۱/۷۲
۱۶	۵۸۷۲	۰	۵۶۹۷۶۰/۱۶	۰	۵۶۹۷۶۰/۱۶	۹۷/۰۳	۱۲۱۸۵۷۰۳	۷۱/۵۵
۱۷	۹۳۷۰	۰	۱۸۴۸۷۰/۱	۰	۱۸۴۸۷۰/۱	۱۹/۷۳	۲۴۷۷۸۳۱	۲۳/۲۲
۱۸	۸۹۲	۰	۵۶۹۰۹/۶	۰	۵۶۹۰۹/۶	۶۳/۸	۸۰۱۲۴۴۸	۷/۱۵
۱۹	۲۳۲۱۴	۰	۲۳۶۳۶۴۹/۴۸	۰	۲۳۶۳۶۴۹/۴۸	۱۰۱/۸۲	۱۲۷۸۷۲۶۵	۲۹۶/۸۴
۲۰	۰/۰۹	۰/۷۲	۲۸/۳۹۶۸	۳۲۱/۰۴۸	۳۴۹/۴۴۴۸	۳۱۵/۵۲	۳۹۶۲۵۱۹۸	۰/۰۴
۲۱	۳۳۴۵۷	۰	۱۶۶۰۴۷۰/۹۱	۰	۱۶۶۰۴۷۰/۹۱	۴۹/۶۳	۶۲۳۲۸۸۱	۲۰۸/۵۳
۲۲	۳۶۲۲۷	۰	۲۰۹۷۵۴/۳۳	۰	۲۰۹۷۵۴/۳۳	۵/۷۹	۷۲۷۱۴۹	۲۶/۳۴
۲۳	۱۶۰۰۰	۰	۲۳۵۱۵۲۰	۰	۲۳۵۱۵۲۰	۱۴۶/۹۷	۱۸۴۵۷۵۱۶	۲۹۵/۳۲
۲۴	۴۵۱۸/۷	۰	۸۴۰۴/۷۸۲	۰	۸۴۰۴/۷۸۲	۱/۸۶	۲۳۳۵۹۲	۱/۰۶
۲۵	۹۷۸۱/۹	۰	۲۱۸۹۱۸/۹۲۲	۰	۲۱۸۹۱۸/۹۲۲	۲۲/۳۸	۲۸۱۰۶۳۶	۲۷/۴۹
۲۶	۱۸۵۴۳	۰	۳۲۴۵۰/۲۵	۰	۳۲۴۵۰/۲۵	۱/۷۵	۲۱۹۷۷۷	۴/۰۸
۲۷	۶۸۵۵/۸	۰	۸۲۶۹۴۶/۵۹۶	۰	۸۲۶۹۴۶/۵۹۶	۱۲۰/۶۲	۱۵۱۴۸۲۹۹	۱۰۳/۸۵
۲۸	۱۳۵۱/۷	۰	۱۳۱۶۵/۵۵۸	۰	۱۳۱۶۵/۵۵۸	۹/۷۴	۱۲۲۳۲۱۷	۱/۶۵
۲۹	۶۲۹۵/۹	۰	۲۲۴۱۳/۴۰۴	۰	۲۲۴۱۳/۴۰۴	۳/۵۶	۴۴۷۰۹۰	۲/۸۱
کل حوزه	۳۲۱۱۲۴/۷۳	۸/۰۱	۲۰۲۳۵۹۶۳/۷۱	۳۵۷۱/۶۵۹	۷۸۴۵۰۱۲۹۲/۹	۲۴۴۲/۹۸	۳۰۶۸۰۶۴۳۸	۲۵۴۱/۸۲

جدول ۸: ارزش اقتصادی آب‌های زیرزمینی در حوزه آبخیز بنکوه (منبع : یافته‌تحقیق)

کل ارزش اقتصادی آب زیرزمینی (میلیارد ریال)	متوسط ارزش اقتصادی آب زیرزمینی هر هکتار (میلیون ریال)
۲۵۴۱/۸۲	۳۰۷

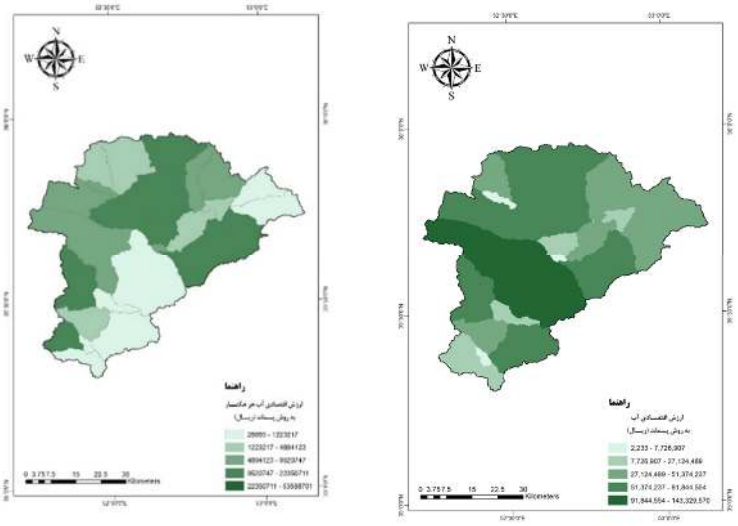
به‌منظور تفسیر فضایی خروجی‌های نهایی ارزش‌گذاری اقتصادی، مقادیر ارزش اقتصادی کل آب زیرزمینی و ارزش اقتصادی آب به ازای هر هکتار، بر اساس روش شکست طبیعی (Natural Breaks – Jenks) به پنج کلاس تقسیم‌بندی شدند. نتایج این طبقه‌بندی به‌صورت کمی همراه با مساحت هر کلاس در جدول (۹) و به‌صورت نقشه‌های فضایی متناظر در شکل (۵) ارائه شده است. این کلاس‌بندی امکان مقایسه الگوی پراکنش مکانی ارزش اقتصادی آب در سطح حوزه آبخیز بنکوه را فراهم می‌سازد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

جدول ۹: کلاس‌بندی فضایی ارزش اقتصادی آب زیرزمینی و مساحت هر کلاس (مطابق شکل ۵)

کلاس بندی	مساحت (هکتار)
۱	۴۲۱۶/۸۶
۲	۲۷۰۵۹/۷۶
۳	۸۱۷۹۶/۱۴
۴	۱۳۸۵۶۵/۹۸
۵	۶۹۶۵۱/۳۸



الف **ب**

شکل ۵ – الف: توزیع فضایی ارزش اقتصادی کل آب زیرزمینی به روش پسماند ب. توزیع فضایی ارزش اقتصادی آب به ازای هر هکتار به روش پسماند

بحث و نتیجه‌گیری

مدل‌ها نقش مهمی در ارزیابی خدمات بوم‌سازگان، به‌ویژه در مقیاس حوزه آبخیز، ایفا می‌کنند. مدل‌های هیدرولوژیکی فیزیکی توزیعی، نظیر ابزار ارزیابی آب و خاک (SWAT)، به دلیل قابلیت ادغام فرآیندهای هیدرولوژیکی، ژئوشیمیایی و بیولوژیکی، ابزاری جامع برای پیش‌بینی پویایی منابع آب هستند. با وجود ارائه خروجی‌های متنوع، مدل SWAT در تخمین متغیرها در مقیاس حوزه نسبت به مقیاس پیکسلی توسعه داده شد (۴۰). این پژوهش توانایی مدل SWAT را در شبیه‌سازی دقیق مؤلفه‌های بیلان آب، به‌ویژه جریان زیرزمینی (GW_Q)، تأیید کرد که با نتایج تحقیقات رجا و همکاران (۲۰۲۳) و امینی و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

شایان ذکر است که تمام تحلیل‌های مبتنی بر شبیه‌سازی و استفاده از مدل‌ها، دارای عدم قطعیت می‌باشند. تحقیق حاضر نیز از این قاعده مستثنی نبوده و نتایج به دست آمده تحت تأثیر عواملی نظیر: عدم قطعیت در داده‌های ورودی، بازنمایی متغیرهای هواشناسی (به‌ویژه بارش)، شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیک و بازنمایی فرآیندهای تالابی در مدل قرار دارند (۳). مضاف بر اینکه عدم قطعیت در کمی‌سازی هیدرولوژیکی، بر فرآیند ارزش‌گذاری اقتصادی نیز تأثیرگذار است.

تبیین خدمت اکولوژیکی و اقتصادی

در این پژوهش، برآورد خدمت حفاظت آب بر اساس نقش پوشش گیاهی مراتع در افزایش نفوذ و ذخیره آب در آبخوان‌ها (GW_Q) متمرکز گردید. اگرچه آبدهی کل

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

(SUR_Q + GW_Q) در برخی مطالعات به‌عنوان خدمت تولید آب در نظر گرفته می‌شود، اما این رویکرد از منظر اکولوژیکی برای ارزیابی مرتع گمراه‌کننده است. رواناب سطحی (SUR_Q) در حقیقت نشان‌دهنده اتلاف آب، پتانسیل فرسایش و سیلاب است و نباید جزء خدمات مثبت بوم‌سازگان مرتعی محسوب گردد. نقش پوشش گیاهی مراتع در حوزه آبخیز بنکوه، کاهش رواناب سطحی و افزایش جذب و نفوذ آب‌های سطحی به سفره‌های زیرزمینی را تأیید کرد. این یافته بر نقش مدیریت پوشش گیاهی در تعدیل هیدروگراف سیلاب و کنترل رواناب، همان‌گونه که غلامی (۱۹۹۴) اشاره کرده است، تأکید می‌کند. بنابراین، تنها جریان زیرزمینی (GW_Q) می‌تواند به‌عنوان معیار واقعی خدمت ذخیره و تأمین آب برای ارزش‌گذاری اقتصادی به روش پسماند تلقی شود.

ارزش‌گذاری اقتصادی و نتایج فضایی

در این پژوهش از روش پسماند جهت برآورد قیمت آب کشاورزی در حوزه آبخیز بهره‌گیری شد. این روش که کاربرد فراوانی در تعیین قیمت سایه‌ای آب دارد، دقت نتایجش به عواملی چون تصریح درست تابع تولید، نهاده‌های تحت مالکیت و الگوهای کشت غالب بستگی دارد (۴۱). قیمت نهایی هر مترمکعب آب زیرزمینی با لحاظ الگوی کشت غالب و نرخ تغییر شاخص کل بهای تولیدکننده تا سال ۱۴۰۲، معادل ۱۲۵۵۸۷ ریال برآورد گردید (جدول ۶).

بر اساس خروجی‌های مدل SWAT و محاسبه نهایی به روش پسماند، بیشترین ارزش اقتصادی کل آب (تولیدی و مصرفی) مربوط به زیرحوزه شماره ۱۴ و معادل ۳۸۶/۷۸ میلیارد ریال و کمترین آن مربوط به زیر حوزه شماره ۲۰ و معادل ۴۳/۸۹ میلیون ریال است. علاوه بر این، توزیع فضایی ارزش اقتصادی در هکتار (مطابق شکل ۵ و جدول ۹) نشان داد که بیشترین ارزش اقتصادی در هکتار مربوط به زیرحوزه شماره ۸ است که به دلیل وجود کاربری کشاورزی فعال و مصرف آب، توانایی استحصال و تبدیل خدمت اکولوژیکی به ارزش اقتصادی را دارد. در مقابل، زیرحوزه‌هایی مانند زیرحوزه ۷ که مرتعی خالص هستند، کمترین ارزش اقتصادی را به خود اختصاص دادند. این تفاوت چشمگیر بیانگر این واقعیت است که خدمت اکولوژیکی (تغذیه آبخوان) و خدمت اقتصادی (ارزش مصرفی آب) لزوماً هم‌راستا نبوده و ارزش‌گذاری اقتصادی تنها در محدوده‌هایی معنادار است که آب تولیدشده وارد چرخه مصرف انسانی شود.

با مقایسه رقم میانگین ارزش در هکتار در بوم‌سازگان مرتعی حوزه آبخیز بنکوه با نتایج مطالعات یگانه و همکاران (۲۰۲۱)، موسوی و ارزانی (۲۰۱۴)، حسینی و همکاران (۲۰۱۸) و کاستانزا و همکاران (۱۹۹۷) مشخص می‌شود که تفاوت در مقدار ارزش اقتصادی تابعی از عواملی چون نرخ آب‌بها در سال‌های مختلف، تفاوت در روش ارزش‌گذاری و همچنین تفاوت در ویژگی‌های بوم‌شناسی، پوشش گیاهی و تفاوت‌های اقلیمی مناطق مورد مطالعه است.

به‌طورکلی، در تحقیق حاضر، میزان کل خدمت ذخیره و تأمین آب زیرزمینی (GW_Q) برای کل حوزه آبخیز بنکوه ۲۰۲/۳۶ میلیون مترمکعب برآورد شد. بر این اساس و با احتساب ارزش هر مترمکعب آب زیرزمینی در سال ۱۴۰۲ معادل ۱۲۵،۵۸۷ ریال، کل ارزش اقتصادی آب زیرزمینی حوزه آبخیز بنکوه به ۲۵،۴۲۵/۷۲ میلیارد ریال (معادل تقریبی ۲۵/۴۳ تریلیون ریال) و متوسط ارزش اقتصادی آب زیرزمینی هر هکتار به ۷۷/۸ میلیون ریال در سال برآورد گردید. این پژوهش بر لزوم بازتعریف دقیق خدمات هیدرولوژیکی در مطالعات آتی تأکید کرده و پیشنهاد می‌دهد که سیاست‌های مدیریتی (مانند طرح‌های پرداخت برای خدمات اکوسیستمی) باید بر اساس وظیفه زیست‌محیطی مراتع (کاهش فرسایش و تغذیه آبخوان) طراحی شوند تا از این منابع حیاتی به‌طور پایدار حفاظت گردد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

References

1. Abdollahi, S & A. Ildarmi, 2022. Valuing ecosystem services: concepts and methods. Human and Environment Quarterly, 60: 1-18 (In Persian).
2. Alvandi, S & V. Bordi Sheykh, 2019. Predicting the effects of remedial measures on surface runoff characteristics and soil erosion rates in the Bonekouh watershed of the Hableh-Roud River Basin. Journal of Water and Soil Conservation Research, 26(1): 27-48 (In Persian).
3. Amini, M.A., G.H. Torkan., S.S. Eslamian., M.J. Zareian & A.A. Besalatpour, 2019. Assessment of SWAT hydrological model in catchments' water balance simulation located in semi-arid regions, case study: Zayandeh-Rud River Basin. Journal of Water and Soil, 32(5): 849-863 (In Persian).
4. Ansari, N., S.J. Saiyed Aghlaghi Shal & M. Fayaz, 2007. Effects of legal and organization factors, resource management and social groups on the degradation of renewable natural resources. Journal of Rangeland, 1(4): 423-438 (In Persian).
5. Asadollahi, Z & M.S. Norouzi Nazar, 2019. Investigating the effect of quantification of erosion control ecosystem service under the influence of climate change in Gorgan River watershed. Environmental Research 11(21): 3-16 (In Persian).
6. Bostan. Y, 2017. Economic Valuation Iran Rangeland (Case Study: Sheikh Musa Rangeland in Babol). M.Sc. Thesis in Agricultural Engineering- Agricultural Economics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University (In Persian).
7. Bostan, I., A. Fatahi Ardakani., M. Sadeghi Nia & M. Fehresti Sani, 2017. Estimating the economic value of soil and water regulation functions of pasture ecosystems (case study: Sheikh Musa pasture ecosystem of Babol city). Journal of Rangeland, 4(12): 464-480 (In Persian).
8. Costanza, R., R. d'Arge., R. de Groot., S. Farber., M. Grasso., B. Hannon., K. Limburg., S. Naeem., R.V. O'Neill., J. Paruelo., R.G. Raskin & P. Sutton, 1997. The value of the world ecosystems Service and Natural Capital, Nature, 6630(387): 253-260.
9. Fahimi, E., A. Fatahi Ardakani & M. Fehresti, 2018. Economic valuation of ecosystem services of water resources (study Case: Zayandeh Rood River). Journal of Agricultural Economics, 1: 79-94. (In Persian).
10. Fatahi Ardakani, A., 2010. Economic valuation of underground waters of Yazd-Ardakan plain, PhD thesis of Tehran University (In Persian).
11. Fatahi Ardakani, A., 2013. The principles of economic valuation of natural resources. Ardakan University Press, 364 p (In Persian).
12. Fatahi Ardakani, A & M.Q. Musa Nejad, 1998. Measuring the productivity of the most important factors affecting pistachio production in Ardakan city. Sa'eq Journal of Agricultural Sciences, 4: 1285 (In Persian).
13. Foley, J. A., R. DeFries., G.P. Asner., C. Barford., G. Bonan., S.R. Carpenter., F.S. Chapin., M.T. Coe., G.C. Daily., H.K. Gibbs & J.H. Helkowski, 2005. Global consequences of land use. Science, 309(5734): 570-574.
14. Genius, M., A. Patry., E. Hatzaki., E.M. Kouromichelaki., G. Kouvakis., S. Nikiforaki & K.P. Tsagarakis, 2008. Evaluating consumers willingness to pay for improved potable water quality and quantity. Water Resource Manage, 1825-1834.
15. Gholami, S.A, 1994. The Effect of Vegetation Management (forest and rangeland) on Hydrograph Shape, (decreasing flood hazards). Journal of Forest and Rangeland, 14: 71-85 (In Persian).
16. Habibi, A & M. Goudarzi, 2017. Application of semi-distributed SWAT model in runoff simulation of Habla-Roud Basin. Iranian Journal of Watershed Science and Engineering, 12(43): 40-50.
17. Habibi, A & H. Peyrovan, 2019. Determining the sedimentation rank of Hable-Roud River sub-Basins based on the erodibility of geological formations. Scientific- Research Journal of Watershed Engineering and Management, 11(4): 1101-1115 (In Persian).
18. Hemmatzadeh, Y., H. Barani & A. Kabir, 2012. The role of vegetation management on surface runoff (Case study: Kechik catchment in north-east of Golestan Province). Journal of Water and Soil Conservation, 16(2): 19-33 (In Persian).
19. Hosseini, S., H. Amirnejad & J. Oladi, 2018. Estimating the Economic Value of Environmental Benefits of Rangelands in Iran (Case Study: Rangeland Ecosystem of Kiasar National Park). Environmental Researches, 8(16): 87-102 (In Persian).
20. Jourabian Shoushtari, Sh., F. Jahani Shakib & T. Ardakani, 2023. Evaluation and economic valuation of water ecosystem services in the watersheds of the eastern border of the country. Iran's water resources research. 19(4): 213-199 (In Persian).
21. Keshtkar, A.R., A. Salajegheh., A. Sadoddin & M.G. Allan, 2013. Application of Bayesian networks for sustainability assessment in catchment modeling and management, case study: the Hablehrood river catchment. Ecological Modeling, 268: 48-54 (In Persian).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]

22. MEA, 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. Washington DC: Island Press.
23. Moriasi, D.N., J.G. Arnold., M.W. Van Liew., R.L. Bingner., R.D. Harmel & T.L. Veith, 2007. Transactions of the ASABE American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001−2351.Vol. 50(3): 885−900.
24. Ministry of Energy, Deputy Minister of Water and Water Resources, 2013. Guide for determining the economic value of water for agricultural purposes, (567) (In Persian).
25. Mousavi, S.A, 2018. Optimum land management with emphasis on the economic value of ecosystem functions and using a planning support system (case study: Middle Taleghan watershed). Doctoral dissertation of Mortadari, University of Tehran, 318 p (In Persian).
26. Mousavi, S.A & H. Arzani, 2014. Economic Valuation of Water Regulation Function by Central Alborz Rangeland Ecosystems. Eco Hydrology, 1(1): 11-16 (In Persian).
27. Naderi, M., V. Sheykh, Ch. Komaki, A. Bahremand, A. Ghanghorme & H. Sirousi, 2022. Detecting and predicting land use changes using a modeling approach in a geographic information system environment (Case study: Hable-Roud River watershed). Journal of Water and Soil Conservation Research, 29(1): 113-134. (In Persian).
28. Neitsch, S.L., J.G. Arnold., J.R. Kiniry & J.R. Williams, 2002. Soil and Water Assessment Tool, User's Manual, Version 2000, 289p.
29. Neitsch, SL., J.G. Arnold., J.R. Kiniry & J.R. Williams, 2011. Soil and water assessment tool theoretical documentation. Texas Water Resources Institute.
30. Raja, O., M. Parsinejad., & M. Tajrishi, 2023. Estimation and evaluation of water balance components by calibrated SWAT Model, case study: Mahabad Plain. Watershed Engineering and Management, 15(1): 109-129 (In Persian).
31. Ramadasam, K., D.M. Abdullah & L. Koay, 1999. The influence of highland forests, wetlands on floods in Malaysia, International workshop on flood forecasting for tropical regions, Kula Lampour.
32. Rogers, P., R.D. Silva & R. Bhatia, 2002. Water is an economic good: How to use price to promote equity, efficiency, and sustainability. Water Policy, 4: 1-17.
33. Shafiei, M., H. Ansari & K. Davari, 2009. Hydrological modeling of the watershed using ArcSWAT. National Geomatics Conference. Country Mapping Organization, 10: 18-25 (In Persian).
34. Singh K, 2007. Rational pricing of water as an instrument of improving water use efficiency in the agricultural sector: A case study in Gujarat, India. International Journal of Water resources development, 23: 679 –690.
35. Sorkh Ghale, M & A. Zare Garizi, 2022. Locating and predicting the effects of constructing artificial wetlands on daily flow in the Gorgan-Roud River Basin. Master's thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (In Persian).
36. Tang, J., H. Folmar & J. Xue, 2015. Technical and allocative efficiency of irrigation water use in the Guanzhong Plain, China. Food Policy, 50: 43-59.
37. Vigerstol, K.L & J.E. Aukema, 2011. A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services. Journal of environmental management, 92(10): 2403-2409.
38. Yang, D., W. Liu., C. Xu., L. Tao, & X. Xu, 2020. Integrating the InVEST and SDSM Model for estimating water provision services in response to future climate change in monsoon basins of South China. Water, 12(11): 3199.
39. Yeganeh, H., H. Azarnivand., S.M. Poorbagher & I. Saleh, 2021. Water conservation functionality of rangeland ecosystems in Taham watershed of Zanjan, Iran. Journal of Rangeland, 15(1): 12-23.
40. Yin, G., X. Wang., X. Zhang., Y. Fu., F. Hao & Q. Hu, 2020. InVEST model-based estimation of water yield in North China and its sensitivities to climate variables.Water 12(6):1692.
41. Yong, R.A & J.B. Loomis, 2014. "Determining economic value of water: concepts and methods". RFF press. 2nd edition.
42. Young, R.A., 2005. Determining the Economic Value of Water; Concepts and Methods, Washington DC: Resources for the Future.
43. Zaghi Bicharpes, M, 2016. Evaluation of economic-environmental damages caused by groundwater
44. discharge in Qazvin Plain. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University (In Persian).
45. Zeraat Kish, S, 2016. Economic valuation of water in the agricultural sector with an environmental approach. Journal of Research and Economics of Agricultural Development of Iran, 1: 2-47 (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.3.4.8]