

بررسی وضعیت و ارزیابی میزان کمبود و تنش آبی منابع آب حوزه آبخیز گرگانرود با استفاده از شاخص فالکن مارک

ادیت عیشویی^۱، میرحسن میریعقوبزاده^۲، کاکا شاهدی^۳

چکیده

وجود آب جهت ادامه حیات موجودات زنده فاکتور بسیار مهم و اساسی به شمار می‌رود. در عین حال این منبع ارزشمند یک اصل بنیادی در زمینه توسعه جوامع انسانی به شمار می‌رود. ادامه روند نامطلوب وضعیت منابع آبی در سطح جهان و پیش‌بینی‌های صورت گرفته مبنی بر اینکه وضعیت تخصیص آب در وضعیت بحرانی قرار دارد، محققین و نهادهای بین‌المللی را بر آن داشته تا مطالعات گسترده‌ای را در زمینه منابع آبی و مدیریت آن‌ها اعمال نمایند. بر این اساس شاخص‌های متفاوتی برای سنجش وضعیت منابع آب، تعیین میزان فقر ناشی از کمبود آب و تنش آبی پیشنهاد داده‌اند. در تحقیق حاضر، شاخص فالکن مارک بعنوان یکی از مهمترین شاخص‌ها در زمینه بررسی وضعیت منابع آب جهت بررسی میزان مصرف سرانه آب در ارتباط با نرخ رشد جمعیت در حوزه گرگانرود که یکی از پرآب‌ترین حوزه‌های کشور واقع در شمال کشور و شرق دریای خزر می‌باشد، مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس نتایج بدست آمده شاخص فالکن مارک مقدار عددی بیش از ۳۰۰۰ را کسب نموده، که نشان دهنده وضعیت مناسب منابع آب این حوزه بوده و در حال حاضر تنش آبی در آن مشاهده نمی‌شود. بخش کشاورزی بیشترین مصرف آب در این منطقه را به خود اختصاص داده است. پس از کشاورزی، بیشترین مصرف آب در منطقه مربوط به شرب بوده و صنعت بخش بسیار ناچیزی از میزان مصرف را دربر می‌گیرد.

واژگان کلیدی: فالکن مارک، تنش آبی، میزان مصرف آب، نرخ جمعیت، گرگانرود

۱- مقدمه

آب ماده‌ای است با تنوع بسیار زیاد که در بخش‌های مختلف جامعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. زندگی به جریان آب از مقیاس کوچک که یک گیاه باشد تا مقیاس جهانی که چرخه آب کره زمین را شامل می‌شود، وابسته است. اختلالات جریان آب، باعث ایجاد موانع در فرآیند حیات می‌شوند. این مشکلات و موانع بر چهار فاکتور اصلی از جمله: نمانکی شدن خاک، تجدیدپذیری سیستم آب سالم، کیفیت آب سالم و در دسترس بودن آب جهت مصارف عمومی، اثرگذار هستند (۵). بدین ترتیب تعیین کمیت حساسیت منابع آب به دلیل

^۱ . دانشجوی دکترا آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران، edith_eishoei@yahoo.com

^۲ . استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران، m.miryaghoubzadeh@urmia.ac.ir

^۳ . دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران، k.shahedi@sanru.ac.ir

نوسان متغیرهای اقلیمی و فعالیت‌های بشر (به عنوان مثال تغییر کاربری اراضی) گامی مهم برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب در یک حوزه می‌باشد (۱۰). فالکن مارک یک نمونه از شاخصی را که ارزیابی کمی از تامین آب در مقایسه با سرانه آب می‌باشد، را ارائه می‌دهد. این شاخص می‌تواند با تفسیر مقدار مطلق بعنوان مثال کل رواناب یک حوزه، به شاخصی که ممکن است با اثرات خشکسالی نزدیکتر باشد، کمک کند. این نوع شاخص دارای یک مقیاس مکانی ذاتی است (مقیاس حوزه) اما می‌تواند در مقیاس‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار گیرد. به عنوان مثال ممکن است مقادیر شاخص در ماه‌ها یا هفته‌های سال با کمترین میزان رواناب مورد توجه قرار گیرند. در برخی سیستم‌های اجتماعی و محیط زیستی حتی هدررفت جزئی آب می‌تواند به شدت مخرب باشد. این بحران‌ها ممکن است با وخیم بودن کیفیت آب همراه باشد که باعث بروز بیمارهای مختلف از جمله وبا شود. به عبارت دیگر، خشکی پایدار و طولانی مدت می‌تواند باعث جمع شدن و نابودی ذخایر آب کشور شود، که حتی برای کشورهایی که دارای ذخایر مالی زیاد و ظرفیت‌های پیشرفته هستند نیز ایجاد بحران نماید (۶). در این تحقیق جهت مشخص نمودن سرانه مصرف و میزان تنش آبی از شاخص فالکن مارک استفاده گردید. شاخص‌های منابع آب در استان خراسان جهت بررسی تعادل منابع آب توسط شاهدی و طالبی حسین‌آباد (۱۳۹۲) (۱) مورد استفاده قرار گرفتند و بر اساس شاخص فالکن مارک مشخص نمودند که منطقه تحت تنش آبی می‌باشد و جهت مدیریت منابع آب در منطقه پیشنهاداتی را ارائه دادند. مردانی و همکاران (۱۳۹۵) (۳)، جهت بهینه‌سازی مبادلات آب مجازی از شاخص‌های متنوعی از جمله فالکن مارک استفاده نمودند که بر اساس نتایج حاصل از مطالعات آن‌ها در زمینه واردات آب مجازی، میزان خالص مبادلات آب تعیین شده و این مبادلات آب جهت مقابله با توزیع نامناسب نزولات جوی در استان اصفهان کمک شایانی نموده است. لذا جهت مطالعه تنش آب (۱۰) از شاخص فالکن مارک استفاده شد. بدین منظور منابع آب سبز و آب آبی بررسی شد و به این نتیجه دست یافتند که منابع آب آبی به صورت چشم‌گیری کاهش یافته است که به دلیل شرایط اقلیمی منطقه ساوانا در آمریکا اتفاق افتاده، درحالی‌که منابع آب سبز بر اساس الگوی کاربری اراضی حساسیت بیشتری در مقابله با تغییرات داشته است که با بررسی منابع آب منطقه و استفاده از شاخص‌های تنش آب می‌توان کمبود منابع آب را شناسایی و مدیریت نمود.

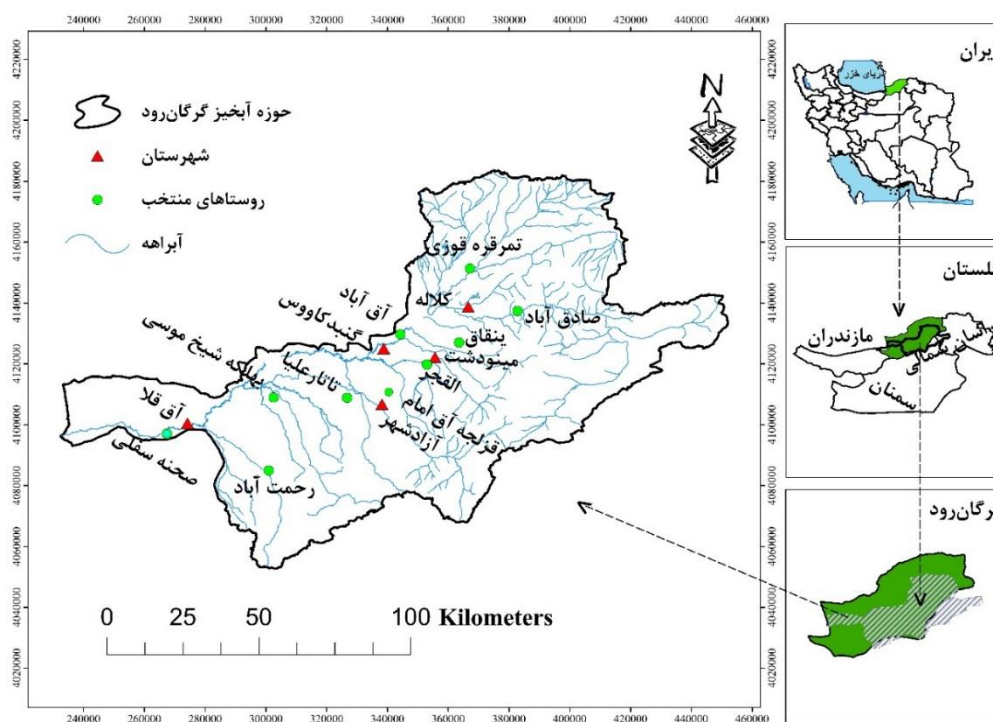
۲-مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز گرگان‌رود با مساحتی بالغ بر ۱۰۰۰۰ کیلومترمربع یکی از حوزه‌های شمال‌شرق کشور می‌باشد که بخش وسیعی از آن در استان گلستان واقع شده است. این حوزه از جنوب مشرف به سلسله کوه‌های البرز، از شرق به کوه‌های آلاداغ و گلی داغ، از شمال به حوزه آبخیز اترک و از غرب به دریای خزر مشرف می‌باشد (۲). این حوزه در محدوده جغرافیایی طول شرقی ۵۴° ۱۰' تا ۵۶° ۲۵' و عرض شمالی ۳۶° ۳۵' تا ۳۸° ۱۰' واقع شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه را در کشور نشان می‌دهد.

شاخص فالکن مارک

در سال ۱۹۸۹ فالکن مارک، محقق سوئدی، شاخصی را طراحی نمود که در زمینه محاسبه تنش آبی بسیار مورد استفاده قرار گرفته. محاسبات این شاخص بر پایه محاسبه آب در دسترس بر حسب جمعیت در سال در یک منطقه یا یک کشور است. بمنظور بررسی میزان تنش آب، کلاس‌های مشخص شده در جدول ۱ توسعه داده شده و نمایش داده شده‌اند. سطح $1700 \text{ m}^3/\text{capita}/\text{year}$ به عنوان سطح آستانه معرفی شده که در کشورها یا مناطقی که در کمتر از 1700 قرار بگیرند به عنوان مناطق تحت تنش آبی معرفی خواهند شد (۴،۵،۷،۸،۹). فالکن مارک و همکاران خود در سال ۱۹۸۹ در مطالعات خود کشورها را بر اساس میزان حجم سرانه منابع آب خود تقسیم‌بندی نمودند که با استفاده از میزان مصرف کل آب در یک سال تقسیم بر جمعیت کل منطقه میزان شاخص در منطقه موردنظر بدست می‌آید.



شکل ۱: موقعیت منطقه گرگان‌رود

جدول ۱: مشخصات شاخص فالکن مارک

شاخص $\text{m}^3/\text{capita}/\text{year}$	کلاس
> 1700	بدون تنش
$1000 - 1700$	تحت تنش
$1000 - 500$	کمبود آب
$500 >$	کمبود مطلق آب

15th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran

Watershed Management and National Security

جدول ۲: ترکیب جمعیتی شهرهای واقع در حوضه گرگانرود

نام شهر	جمعیت کل	مرد	زن
آزادشهر	۴۱۳۰۶	۲۰۴۴۵	۲۰۸۶۱
آق قلا	۸۵۵۵۸	۴۲۳۳۱	۴۳۲۲۷
رامیان	۵۴۰۶۲	۲۶۸۴۱	۲۷۲۲۱
علی آباد	۶۸۳۸۱	۳۳۸۸۹	۳۴۴۹۲
کلالة	۸۲۵۱۶	۴۱۱۵۴	۴۱۳۶۲
گالیکش	۳۹۱۴۴	۱۹۱۵۶	۱۹۹۸۸
گنبدکاووس	۱۷۸۱۲۶	۸۹۲۹۷	۸۸۸۲۹
مینودشت	۴۷۱۶۵	۲۲۸۵۹	۲۴۳۰۶
جمع کل	۵۹۶۲۵۸	۲۹۵۸۷۲	۳۰۰۳۸۶



شکل ۲: طبقه‌بندی شاخص کمبود منابع آب فالکن‌مارک

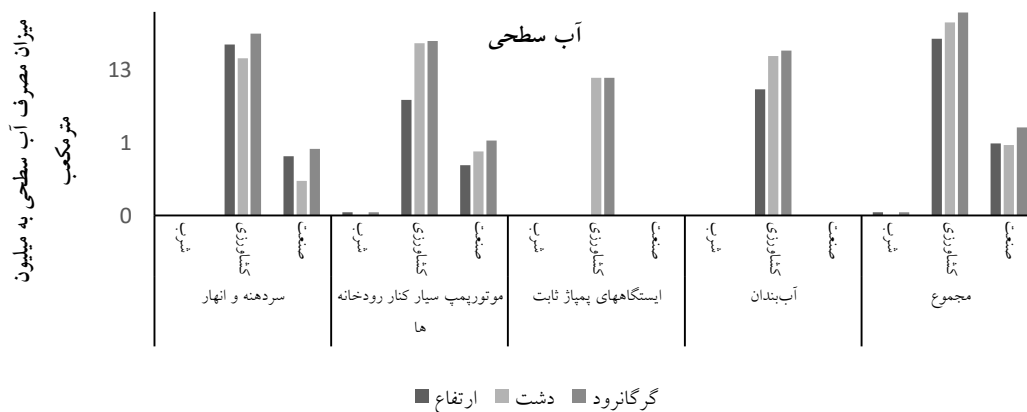
۳-نتایج

بمنظور محاسبه شاخص فالکن‌مارک، نیازمند اخذ اطلاعات آمار جمعیتی و میزان مصرف آب در هر شهر و منطقه می‌باشد. لذا آمار جمعیتی از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی و آمار مصرف به تفکیک منطقه و منبع استفاده از سازمان آب منطقه‌ای استان اخذ گردید. نرخ جمعیت طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ در جدول ۲ و میزان مصرف نیز طبق اطلاعات مصرف آب در سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ در شکل ۳ آورده شده است. نرخ شاخص فالکن‌مارک در حوضه آبخیز گرگانرود برای سال‌های ۱۳۹۰-۱۴۲۰ پیش‌بینی شده است. با توجه به

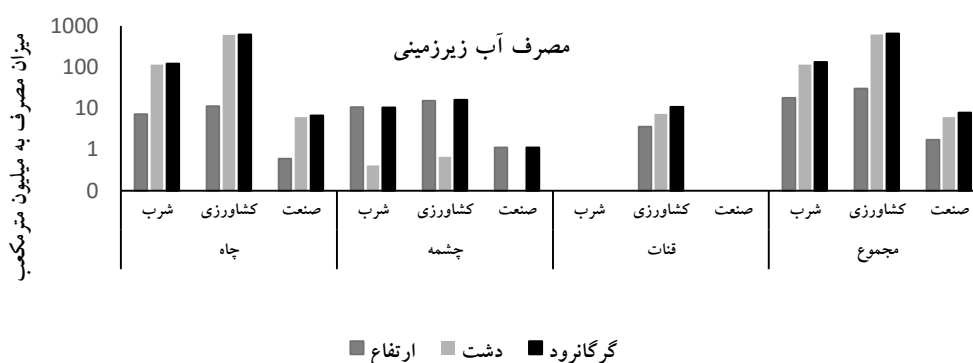
15th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran

Watershed Management and National Security

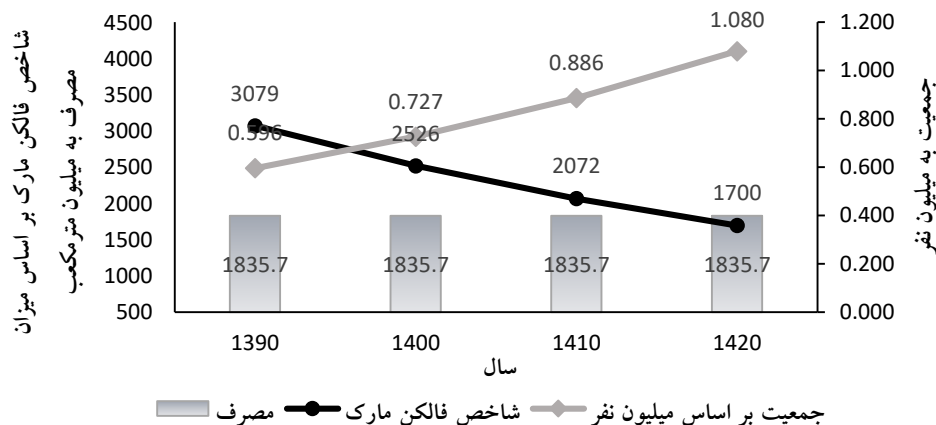
جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که این منطقه تحت تنش آبی نبوده و وضعیت مناسبی را از لحاظ منابع آب دارا می‌باشد. بر اساس یافته‌های شکل ۳ بخش کشاورزی بیشترین مصرف آب در این منطقه را به خود اختصاص داده است و عمده منبع آبیاری اراضی کشاورزی منطقه مورد مطالعه آب‌های زیرزمینی می‌باشد که میزان بالای مصرف آب‌های زیرزمینی موید این مطلب است. پس از کشاورزی، بیشترین مصرف آب در منطقه مورد مطالعه مربوط به شرب بوده است و صنعت بخش بسیار ناچیزی از میزان مصرف را در اختیار گرفته است. نرخ رشد جمعیت در سال ۱۳۹۵ بسیار کمتر از این میزان در سال ۱۳۹۰ بوده که با ثابت فرض نمودن میزان مصرف آب (به دلیل کافی نبودن داده‌های آماری) میزان سرانه مصرف تاحدودی کاهش یافته و شاخص فالکن مارک از ۳۰۰۰ کمتر خواهد بود. شکل ۲ بیانگر تنش آبی در مناطق دارای شاخص ۱۰۰۰ و کمتر از ۱۰۰۰ در معرض خطر کم‌آبی و تنش قرار دارند.



شکل ۳: میزان کل مصرف آب‌های سطحی در سال



شکل ۴: میزان مصرف آب زیرزمینی در یک سال به میلیون مترمکعب



شکل ۵: تغییرات شاخص فالکن مارک بر اساس تغییر جمعیت و میزان مصرف آب

۴- بحث و نتیجه گیری:

با توجه به میزان جمعیت (جدول ۱) و با در دست داشتن میزان مصرف آب در یک سال (جدول ۲ و شکل ۴)، شاخص فالکن مارک محاسبه شده و سرانه مصرف در حوضه گرگان رود ۳۱۰۸/۸۸ بدست می آید که باتوجه به جدول فالکن مارک منطقه بدون تنش آبی بوده و آب کافی در منطقه در حال حاضر وجود دارد. رقم بالاتر از ۱۷۰۰ در جدول ۱ و آستانه فالکن مارک نشان می دهد که در حوضه موردنظر کمبود و تنش آبی وجود نداشته و تقسیم سرانه آب به درستی انجام شده است. اما باتوجه به نرخ رشد جمعیت در استان در حدود ۱/۹ درصد و در صورتی که نرخ مصرف آب ثابت فرض شود، پیش بینی می شود که با افزایش جمعیت با نرخ ثابت ۱/۹ درصد در سال، تا دو دهه آینده کمبود آب وجود نخواهد داشت اما مقدار این شاخص به آستانه ۱۷۰۰ خواهد رسید که تخصیص منابع آب و میزان برداشت برنامه ریزی های مدیریتی الزامی است. علاوه بر موارد ذکر شده و با توجه به میزان تراکم جمعیت و افزایش نرخ تراکم، میزان استفاده از آب بیشتر خواهد شد و برداشت از منابع آبی افزایش خواهد یافت. همانطور که در جداول مشاهده می شود، نرخ برداشت بسیار کمتر از میزان مصرف گزارش شده و این نشان دهنده کافی بودن منابع آب است که نیاز به برداشت از منابع زیرزمینی و سطحی را کم کرده است. باتوجه به شکل ۵ و با در دست داشتن رشد جمعیت و محاسبه آن اساس نرخ رشد ۱/۹ درصد، جمعیت منطقه مورد مطالعه تا سال ۱۴۲۰ به بیش از یک میلیون نفر خواهد رسید، اما با ثابت فرض نمودن میزان مصرف به دلیل عدم دسترسی به داده های مورد نیاز مصرف آب در سال های اخیر، با محاسبه مقدار ۱۸۵۳ میلیون مترمکعب در سال مشاهده می شود که مقدار شاخص تا سال ۱۴۲۰ بالاتر از ۱۷۰۰ می باشد و در سال ۱۴۲۰ با فرض افزایش جمعیت و عدم افزایش و کاهش مصرف، به مرز کمبود آب خواهد رسید. باتوجه به موارد ذکر شده می توان بیان داشت که در حال حاضر در منطقه مورد مطالعه مصرف بیش از حد وجود دارد و حتی با افزایش جمعیت تا دوبرابر جمعیت کنونی با میزان مصرف موجود تهدید کم آبی در منطقه وجود نخواهد داشت. بر اساس این شاخص



پانزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
آبخیزداری و امنیت ملی
۷-۶ آبان ماه ۱۳۹۹ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

15th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran

Watershed Management and National Security

می‌توان میزان مصرف را تا حد بهینه کاهش داد و همچنان شاخص فالکن مارک بالاتر از حد تنش آبی خواهد بود. لذا پیشنهاد می‌شود مدیریت کنترل شده بر تقسیم و تخصیص آب صورت گیرد تا منطقه در آینده با مشکل کمبود منابع آب تجدیدپذیر روبرو نشود.

۵-منابع مورد استفاده:

۱-شاهدی، م.، و طالبی حسین آباد، ف. ۱۳۹۲. ارائه چند شاخص کاربردی به منظور بررسی تعادل منابع آب و پایداری توسعه (مطالعه موردی: حوضه آبریز قره‌قوم). آب و توسعه پایدار، ۱ (۱).

۲-عظیمی، م.الف.، رهبر، غ.، و منصوری، ش. ۱۳۹۵. مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناطق مناسب پخش سیلاب با استفاده از GIS و تحلیل تصمیم چند معیاره (AHP) مطالعه موردی: حوزه آبخیز گرگان‌رود، گلستان). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۰ (۴)، ۱۷۹-۱۹۲.

۳-مردانی، م.، ضیائی، س.، و نیکویی، ع. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی مبادلات آب مجازی در الگوی کشت منطقه‌ای استان اصفهان با استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی چندمعیاره. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۵ (۱۰۰)، صفحات ۳۹ تا ۸۸.

4-Falkenmark, M., 1989. The massive water scarcity now threatening Africa: why isn't it being addressed?. *Ambio*, pp.112-118.

5-Falkenmark, M., 1990. Rapid population growth and water scarcity: The predicament of tomorrow's Africa. *Population and Development Review*, 16, pp.81-94.

6-Funk, C. and Shukla, S., 2020. *Drought Early Warning and Forecasting: Theory and Practice*. Elsevier.

7-Konapala, G., Mishra, A.K., 2016. Three-parameter-based streamflow elasticity model: application to MOPEX basins in the USA at annual and seasonal scales. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 20 (6), 2545 (Teleconnection between low flows and large-scale climate indices in Texas River basins).

8-Nepomilueva, D., 2017. Water scarcity indexes: water availability to satisfy human needs.

9-Pimentel, D. ed., 2012. *Food and natural resources*. Elsevier.

10-Veetil, A.V. and Mishra, A.K., 2018. Potential influence of climate and anthropogenic variables on water security using blue and green water scarcity, Falkenmark index, and freshwater provision indicator. *Journal of environmental management*, 228, pp.346-362.



پانزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
آبخیزداری و امنیت ملی
۶-۷ آبان ماه ۱۳۹۹ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

15th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran

Watershed Management and National Security

Investigation of water resources and water scarcity in Gorganroud river basin using Falkenmark index

Edith Eishoei¹, Mirhassan Miryaghoubzadeh², Kaka Shahedi³

Abstract

The presence of water is an important and fundamental factor for life. In addition, water supply is a principle in the development of societies. The unfavorable trend of water resources in the world and predictions reported the critical state of water, prompted researchers and international institutions to conduct extensive studies on water resources and related management. Due to the special sensitiveness of water resources management, various indices have been developed and presented to evaluate the current situation. In this study, Falkenmark index have been used to examine water scarcity using population rate and water consumption per capita in the Gorganroud basin. Gorganroud region is one of the lushest regions located north of Iran on the east side of Caspian Sea. According to Falkenmark index, which obtained to be more than 3000 in this area, shows that this basin is in good condition and no water scarcity is observed in it. Agriculture part consumes most of water supplied in this region which is followed by urban use or drinkable water and industrial use almost needs very low source of water.

Keywords: Falkenmark, water scarcity, water consumption, per capita, Gorganroud basin

¹. PhD student, Agriculture and natural resources faculty, Urmia University, edith_eishoei@yahoo.com

². Assistant Proessor, Agriculture and natural resources faculty, Urmia University, m.miryaghoubzadeh@urmia.ac.ir

³. Associated Professor, Natural resources faculty, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, k.shahedi@sanru.ac.ir