تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال شانزدهم، شماره ۳، پائیز ۱۳۹۹
Volume 16, No. 3, Fall 2020 (IR-WRR)
۳۸۸-۳۹۳

یادداشت فنی

تحلیل کاربردی مقادیر تبخیرتعرق برآورد شده از تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی مناطق با پتانسیل صرفه‌جویی مصرف آب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

مسعود پارسی‌نژاد[۱*]، امید رجا[۲] و بهداد چهره‌نگار[۳]

چکیده

در سال‌های گذشته، مطالعات متعددی برای برآورد تبخیرتعرق گیاهان به روش‌های مختلف در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه و یا به‌صورت موضعی انجام شده است. در بسیاری از این مطالعات امکان‌سنجی برآورد مصرف واقعی آب با الگوریتم‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته شده است. در حالیکه هدف از انجام این مطالعه استخراج یک نتیجه کاربردی در راستای تحقق اهداف احیای دریاچه ارومیه بود. مقادیر تبخیرتعرق برآورد شده از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم SEBAL و مقایسه آن با مقادیر بارندگی در پهنه‌های مختلف به منظور مکان‌یابی مناطق تحت آبیاری انجام شد. از نتایج این بررسی مناطق با مصرف بالای آب (Hot_Spots) در سطح حوضه استخراج شد. این مناطق می‌تواند معرف مناطق با حداکثر پتانسیل صرفه‌جویی آب باشند. مقادیر برآورد شده تبخیرتعرق واقعی (ET_a) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مقایسه با مقادیر بارندگی ($P\text{-}ET_a$ = باران مازاد بر مصرف (+) یا نیاز خالص آبیاری (−)) برای سال‌های زراعی ۲۰۱۴-۲۰۱۳ و ۲۰۱۵-۲۰۱۴ در پهنه‌های مختلف حوضه استخراج شد. بررسی‌ها نشان داد در نواحی غربی (دشت ارومیه) و جنوب شرقی دریاچه (دشت‌های میاندوآب و مهاباد) و در قسمت‌هایی از مناطق شمال شرقی و شمال غربی (سراب و سلماس) مقادیر مصرف واقعی به‌مراتب بیشتر از میزان بارندگی بوده که بیانگر سطح بالای اراضی تحت آبیاری در این مناطق است. بررسی نقشه‌های کاربری اراضی نیز تراکم بالای اراضی تحت آبیاری را در این مناطق نشان می‌دهد. درنتیجه، شناسایی مناطق تحت آبیاری و دارای پتانسیل بالای صرفه‌جویی می‌تواند برای پیاده‌سازی و اجرای طرح‌های الگویی (pilot) صرفه‌جویی مصرف آب و در راستای تامین حقابه از دست رفته دریاچه راهگشا باشد.

کلمات کلیدی: تبخیرتعرق، SEBAL، بارندگی، مناطق پرمصرف، صرفه‌جویی، حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۵/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۷/۲۴

۱- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- مسئول واحد مطالعات ستاد احیا دریاچه ارومیه، تهران، ایران.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۳۹۹ امکانپذیر است.

Technical Note

Applied Analysis of Estimated Evapotranspiration Values From Satellite Imagery to Identify Potential Water Conservation Areas in Urmia Lake Basin

M. Parsinejad[1] , O. Raja[2] , and B. Chehrenegar[3]*

Abstract

In recent years, several studies have been carried out in Urmia Lake basin or in local scale to estimate evapotranspiration of crops using different methods. In many of these studies, the feasibility of estimating the actual water-use has been investigated with different algorithms. The purpose of this study was to extract an applied result aiming at achieving the Lake Urmia restoration goals. Estimated evapotranspiration values using SEBAL algorithm were compared with rainfall values in different zones to locate the irrigated areas. From the results of this study, areas with high water consumption, "Hot spots", were extracted for the basin. Such areas can represent areas with maximum water saving potential. Estimated actual evapotranspiration (ET_a) values using satellite images compared with rainfall values ($P\text{-}ET_a$ = (+) rainfed or = (-) net irrigation requirement) for the years 2013-14 and 2014-15 were extracted in different zones at the basin. The results showed that actual evapotranspiration values in the western (Urmia plain), south-eastern (Miandoab and Mahabad plains), and in parts of the northeast and northwest (Sarab and Salmas) zones were much higher than the amount of rainfall. This indicated the high concentration of irrigated lands in these areas. High density of irrigated land in these areas was also confirmed by land use maps. In result, identifying irrigated areas with high water saving potential can be to implement water saving pilot schemes and to revive the lost water right to the lake.

Keywords: Evapotranspiration, SEBAL, Precipitation, High Conservation Areas, Saving, Urmia Lake Basin.

Received: August 13, 2020
Accepted: October 15, 2020

1- Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: parsinejad@ut.ac.ir
2- Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran .
3- Head of Research Division of Urmia Lake Restoration Program, Tehran, Iran.
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

تبخیرتعرق یکی از مولفه‌های مهم در چرخه هیدرولوژی و بیلان آب و از جمله عوامل تعیین‌کننده معادلات انرژی در سطح زمین است. تحلیل روند و برآورد تبخیرتعرق واقعی به عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای ورودی و خروجی حوضه‌های آبریز در زمینه‌های مختلف از قبیل برنامه‌ریزی آبیاری، توازن هیدرولوژیکی، طراحی و مدیریت سامانه‌های آبیاری و پیش‌بینی میزان عملکرد محصول مورد نیاز حائز اهمیت است. محققین بسیاری تلاش کرده‌اند تا مقادیر تبخیرتعرق را در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی به دست آورند. سنجش از دور از جمله تکنیک‌های جدیدی است که می‌تواند بدین منظور استفاده شود. تصاویر ماهواره‌ای به‌دلیل پوشش مناطق وسیع، به‌منظور غلبه بر محدودیت‌های مکانی روش‌های نقطه‌ای، کاربرد بهتری برای مطالعات ناحیه‌ای نسبت به داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی دارند (Taheri et al., 2019; Ziaee et al., 2019).

تاکنون روش‌های مختلفی برای محاسبه تبخیرتعرق واقعی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است. بررسی‌ها نشان داده با استفاده از تکنیک سنجش از دور، می‌توان تبخیرتعرق واقعی گیاه را با دقت خوبی برآورد نمود (Tasumi et al., 2003; Han et al., 2016; Amirataee et al., 2016; Zhong at al., 2019; Elnmer et al. 2019; Javadian et al., 2019). الگوریتم توازن انرژی سطح خشکی (SEBAL[1]) یکی از پرکاربردترین روش‌های باقیمانده انرژی برای برآورد تبخیرتعرق با استفاده از داده‌های سنجش از دور است. روش SEBAL بر پایه روابط تجربی و فیزیکی، میزان تبخیرتعرق را با حداقل داده‌های زمینی برآورد می‌نماید (Karimi, 2018). همچنین نتایج روند تغییرات تبخیرتعرق دقت خوب مدل‌های SEBS[2] و SEBAL را در برآورد تبخیرتعرق واقعی در اراضی کشاورزی و کاربری‌های مختلف در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان داده است (Bagheri Haruni et al., 2015). مطالعه Ziaee et al. (2019) در مقایسه دو الگوریتم سنجش از دور SEBS و SEBAL با لحاظ فاکتور شوری در برآورد تبخیر ماهانه از سطح آزاد آب دریاچه ارومیه با تصاویر سنجنده MODIS حاکی از دقت قابل قبول هر دو الگوریتم در برآورد تبخیر ماهانه است. به‌طور کلی مجموع مقایسه نسبی نتایج و روند ماهانه تبخیرتعرق واقعی در پیکره‌های آبی و زمین‌های کشاورزی آبی حکایت از برآوردهای قابل قبول و توانایی الگوریتم SEBAL دارد (Qamarnia and Rezvani, 2015). با توجه به جمیع شرایط از جمله داشتن پایه فیزیکی مناسب، سهولت در اجرا و مقایسه با مقادیر زمینی می‌توان گفت که الگوریتم SEBAL مناسب‌ترین گزینه برای برآورد تبخیرتعرق واقعی در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه است (Bagheri Haruni et al., 2015).

بررسی‌ها نشان داده است که روند و توزیع مکانی میزان تبخیرتعرق و روش‌های مختلف تحلیل مکانی و زمانی کاربری‌های اراضی مختلف در مقیاس منطقه‌ای با استفاده از پردازش داده‌های ماهواره‌ای اطلاعات ارزشمند و جامعی از میزان نحوه مصارف در پهنه‌های مختلف و نیز درک وضعیت و مطالعات منابع آبی حوضه‌های آبریز در اختیار می‌گذارند (Amirataee et al., 2016). در این راستا Taheri et al. (2019) بر اساس تبخیرتعرق واقعی برآورد شده از الگوریتم SEBAL و نیز مقادیر بارش در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، الگوی نیاز آبیاری کشاورزی را با استفاده از نقشه کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۴ در اراضی کشاورزی هفت زیرحوضه اصلی این حوضه مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. این بررسی نشان می‌دهد الگوریتم SEBAL امکان ارزیابی ساده اما قدرتمند برای توصیف الگوی مصرف آب آبیاری در زیرحوضه‌ها را با استفاده از حداقل داده‌های زمینی فراهم کرده و استراتژی‌های مدیریت آب در کشاورزی در سطح حوضه را با در نظر گرفتن تغییرات آب و هوایی در آن منطقه ارائه می‌دهد. کمبود تجزیه و تحلیل کمی، مستندات و ادله علمی برای نسبت دادن افت سطح آب دریاچه ارومیه به دلایل طبیعی و انسانی وجود دارد. علاوه بر این، نبود و کمبود داده‌های معتبر در مورد تقاضای آب و آبیاری در منطقه مانع از ارزیابی مستقیم بیلان آب و تعیین میزان تأثیر فعالیت‌های انسانی به‌خصوص توسعه فعالیت‌های کشاورزی بر بیلان آب در منطقه شده است (AghaKouchak et al., 2015). با این حال پردازش داده‌های ماهواره‌ای و استفاده از روش‌های مختلف تحلیل مکانی و زمانی در مطالعات منابع آبی حوضه‌های آبریز و مدیریت حیات اکولوژیک دریاچه‌ها ، اطلاعات ارزشمند و جامعی از میزان روند و نحوه مصارف در پهنه‌های مختلف با توجه به تغییرات و الگوی کاربری اراضی در اختیار می‌گذارند (Ghale et al., 2018).

اهمیت موضوع در آنجاست که تغییرات شدید در تراز دریاچه عمدتاً منتسب به اثرات انسان ساخت (توسعه کشاورزی) دانسته شده است (Alizadeh-Choobari et al., 2016; Ashraf et al., 2019). در سال‌های گذشته، مطالعات متعددی برای برآورد تبخیرتعرق گیاهان به روش‌های مختلف در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه یا به‌صورت موضعی انجام شده است. در بسیاری از این مطالعات صرفا به بررسی الگوریتم‌های مختلف در برآورد نیاز آبی گیاهان یک منطقه پرداخته شده است. هدف از انجام این مطالعه استفاده کاربردی از نتایج بدست آمده از برآوردهای مصرف واقعی گیاهان در عرصه‌های مختلف حوضه به‌منظور شناسایی و مکان‌یابی مناطق با مصرف آب بالاست. این مناطق می‌تواند معرف مناطق با حداکثر پتانسیل صرفه‌جویی آب باشند.

از نتایج این بررسی می‌توان برای جانمایی و اجرای طرح‌های الگویی (pilot) صرفه‌جویی مصرف آب بهره برد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران بین ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و بین ۴۴ درجه و ۱۳ دقیقه و ۴۷ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی است. این حوضه بسته دارای طول حدود ۱۴۶ کیلومتر و عرض حداکثر برابر با ۵۸ کیلومتر است. مساحت این حوضه، ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع است. عمده آورد آب حوضه در نیمه‌جنوبی و غربی آن قرار دارد و مهم‌ترین رودخانه‌های آن آجی‌چای، زرینه‌رود، سیمینه‌رود، مهابادرود، باراندوزچای، زولاچای و نازلوچای هستند. این منطقه از نظر اقلیمی، دارای آب و هوای عمومی زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل است (Khazaei et al., 2019).

۲-۲- تفکیک اراضی آبی در نقشه کاربری اراضی

سازمان جهانی خواروبار (فائو) مطالعات گسترده‌ای را در راستای اهداف کلان ستاد احیای دریاچه ارومیه در دست دارد. از محورهای این مطالعه تعیین مصرف واقعی گیاهان در مناطق مختلف با استفاده از روش‌های سنجش از دور توسط کارشناسان موسسه آموزشی آب هلند (IHE Delft, Institute for Water Education) انجام شده است. در مطالعه حاضر از مقادیر تبخیرتعرق واقعی ماهانه (ET_a) برآورد شده از این مطالعات (IHE-FAO) به روش SEBAL در سطح کل حوضه و نیز از نقشه‌های پهنه‌بندی باران ماهانه بر اساس اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی در سال‌های زراعی ۲۰۱۴-۲۰۱۳ و ۲۰۱۵-۲۰۱۴ استفاده شده است (Karimi, 2018). با توجه به این که عمده آب مصرفی در منطقه در بخش کشاورزی و به‌منظور آبیاری در اراضی آبی است. لذا در ابتدا سطح اراضی آبی موجود در سطح حوضه آبریز از نقشه کاربری اراضی تهیه شده در سال ۲۰۱۵ (FAO) جداسازی شد (شکل ۱). از این طریق امکان تفکیک کاربری اراضی در قالب اراضی باغی و زراعی فراهم شد.

در این مطالعه از نقشه‌های تبخیرتعرق واقعی (ET_a) برآورد شده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat و الگوریتم SEBAL با مقیاس پیکسل‌بندی ۳۰ متر در ۳۰ متر استفاده شده است (Karimi, 2018). سپس مقادیر تبخیرتعرق در سطح اراضی آبی با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10.3 با مقیاس پیکسل مذکور در سطح حوضه و دهستان‌ها تفکیک شد. نقشه‌های پهنه‌بندی باران در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه از بانک اطلاعات ستاد احیا دریاچه ارومیه تهیه شد (ULRP, 2019). سپس با استفاده از نقشه‌های هم‌باران، امکان تفکیک و تهیه نقشه پهنه‌بندی مقادیر اختلاف ماهانه مقادیر تبخیرتعرق و بارندگی ($P\text{-}ET_a$) برای شش ماه فروردین تا شهریور (ماه‌های آوریل تا سپتامبر) در سطح اراضی آبی دهستان‌های کل حوضه (۱۶۲ دهستان) فراهم شد. شش ماه اول سال دوره زمانی آبیاری کشت‌های مختلف شامل گندم و جو آبی و کشت‌های آبی تابستانه است. همچنین اجرای طرح‌های الگویی (pilot) در راستای صرفه‌جویی مصرف آب عمدتاً در مقیاس دهستان و روستا امکان‌پذیرتر است، لذا در این مطالعه نقشه‌های پهنه‌بندی در ابتدا در مقیاس حوضه و زیرحوضه‌ها و نهایتاً در مقیاس دهستان تهیه شد. بررسی روند و توزیع مکانی و زمانی میزان مصرف واقعی (ET_a) برآورد شده از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم SEBAL و مقایسه آن با مقادیر بارندگی در اراضی آبی، اطلاعات ارزشمند و جامعی از وضعیت و میزان مصارف آب در پهنه‌های مختلف حوضه به‌منظور مکان‌یابی و شناسایی مناطق با مصرف آب مازاد بر بارندگی یا تحت آبیاری (Hot_Spots) و مناطق با پتانسیل مدیریت باران مازاد بر مصرف آب فراهم آورد.

در نهایت در این مطالعه مناطق معرف با مصرف بالا با حداکثر پتانسیل صرفه‌جویی آب شناسایی شدند که می‌توان از آن‌ها برای پیاده‌سازی و اجرای طرح‌های الگویی صرفه‌جویی مصرف آب استفاده کرد.

۳- نتایج و بحث

پهنه‌بندی مناطق $P\text{-}ET_a$ در مقیاس دهستان‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل ۲ برای سال‌های زراعی ۲۰۱۴-۲۰۱۳ و ۲۰۱۵-۲۰۱۴ نشان داده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در سال زراعی ۲۰۱۴-۲۰۱۳ تا حد ۹۵۹/۹ و در سال زراعی ۲۰۱۵-۲۰۱۴ تا ۹۵۲/۸ میلی‌متر آبیاری خالص (مازاد بر بارندگی) در بعضی مناطق وجود داشته است. در حالیکه میزان باران مازاد بر مصرف (در اراضی دیم) تا ۲۰۱/۷ میلی‌متر در سال زراعی ۲۰۱۴-۲۰۱۳ و ۱۵۲/۹ میلی‌متر در سال زراعی ۲۰۱۵-۲۰۱۴ است (شکل ۲). مناطقی که در شکل ۲ با رنگ قرمزتر مشخص شده، در واقع مبین مناطق با تمرکز قابل توجه اراضی آبی و با مصرف بالای آب هستند. به‌دلیل دسترسی بیشتر به منابع آب و برداشت قابل توجه از منابع آب اعم از سطحی و زیرزمینی، مصرف بالای آب در این مناطق فراهم شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد مناطق وسیعی در دشت‌های مجاور دریاچه به‌خصوص در قسمت‌های غرب (دشت ارومیه) و جنوب‌غرب دریاچه (دشت‌های میاندوآب و مهاباد)، شمال‌غرب (دشت سلماس) شامل مناطق پرمصرف شناسایی شده‌اند. انطباق مناطق شناسایی شده با نقشه‌های کاربری اراضی نشان

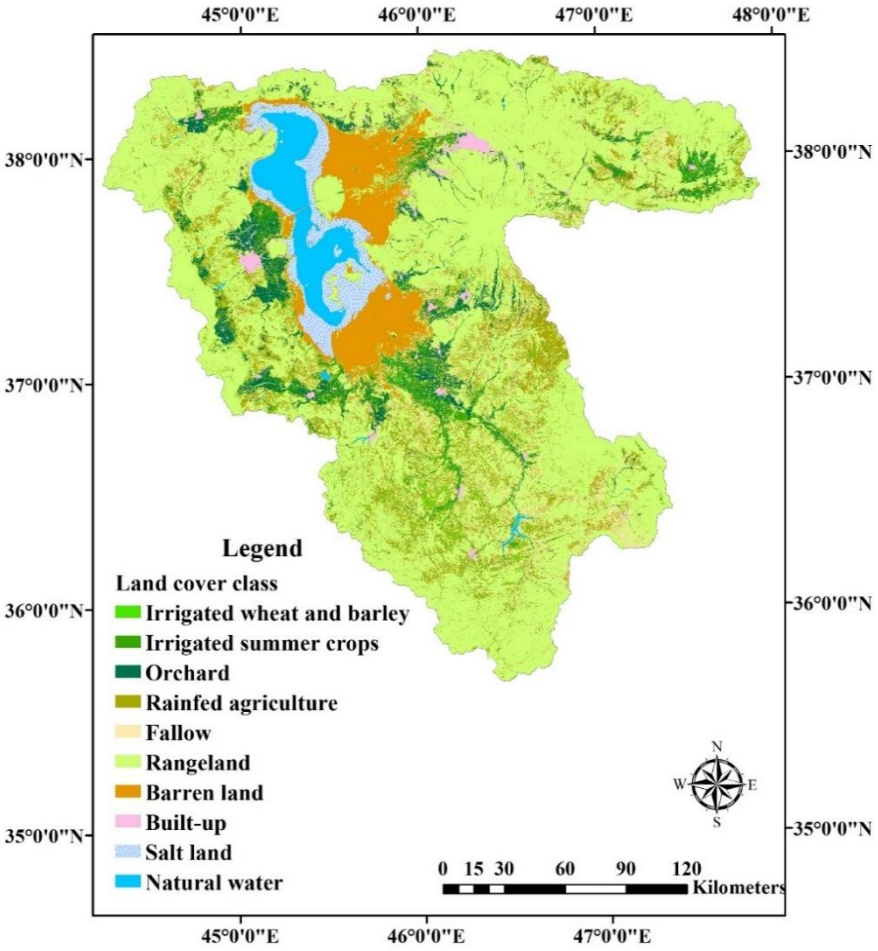

Fig. 1- Land use map in the Urmia Lake

شکل ۱- نقشه کاربری اراضی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

(FAO under Integrated Program for Sustainable Water Resources Management in Urmia Lake Basin, 2017)

می‌دهد سطح زیرکشت آبی در این مناطق قابل توجه است. بررسی زمانی نقشه‌های کاربری اراضی در مطالعات Mojtahedi et al. (2019) در بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵، Rahimpour et al. (2019) بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۷ و Kamran and Khorrami (2018) بین سال‌های ۱۹۵۵ تا ۲۰۱۴، روند افزایش سطح زیرکشت آبی و کاهش اراضی مرتع و کشت دیم در این مناطق را نشان دادند به‌طوری که این تغییرات عامل مهمی در افزایش مصرف آب و کاهش ورودی‌ها به دریاچه ارومیه شناخته می‌شود. به‌طور مشخص تجزیه و تحلیل کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور توسط Chaudhari et al. (2018) نشان‌دهنده افزایش ۹۸ و ۱۸۰ درصدی به‌ترتیب توسعه اراضی کشاورزی و مناطق شهری از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ به‌همراه کاهش تقریباً ۸۶ درصدی سطح آب دریاچه بوده است.

تـــقسیم‌بندی مناطق مختلف بر اساس مقادیر تبخیرتعرق و بارندگی ($P-ET_a$)، امکان جانمایی مناطق با مصرف آب بیشتر که معرف مناطق حداکثر پتانسیل صرفه‌جویی آب هستند برای سال زراعی ۲۰۱۴-۲۰۱۳ و ۲۰۱۵-۲۰۱۴ فراهم آورده است. این بررسی نشان می‌دهد علیرغم اختلاف در میزان بارندگی طی دو سال زراعی، نیاز آبیاری اراضی آبی در این مناطق با استفاده بیشتر از منابع آب در دسترس تامین شده است. موقعیت و جانمایی بیشتر دهستان‌هایی که در این بررسی مصرف بالای آب داشته‌اند منطبق با موقعیت دشت‌های ارومیه، میاندوآب، مهاباد و سلماس است که به لحاظ سهولت دسترسی به منابع آب از پتانسیل بالایی برخوردار است. در این راستا بررسی Taheri et al. (2019) در خصوص الگوی تغییرات نیاز آبیاری بر اساس مقایسه بین توزیع مکانی و زمانی تبخیرتعرق و بارش در سطح هفت زیرحوضه اصلی آبریز دریاچه ارومیه در سال ۲۰۱۴ نیز نشان داده است که بیش‌ترین مصرف آب آبیاری در دشت‌های ارومیه و میاندوآب اتفاق افتاده است.

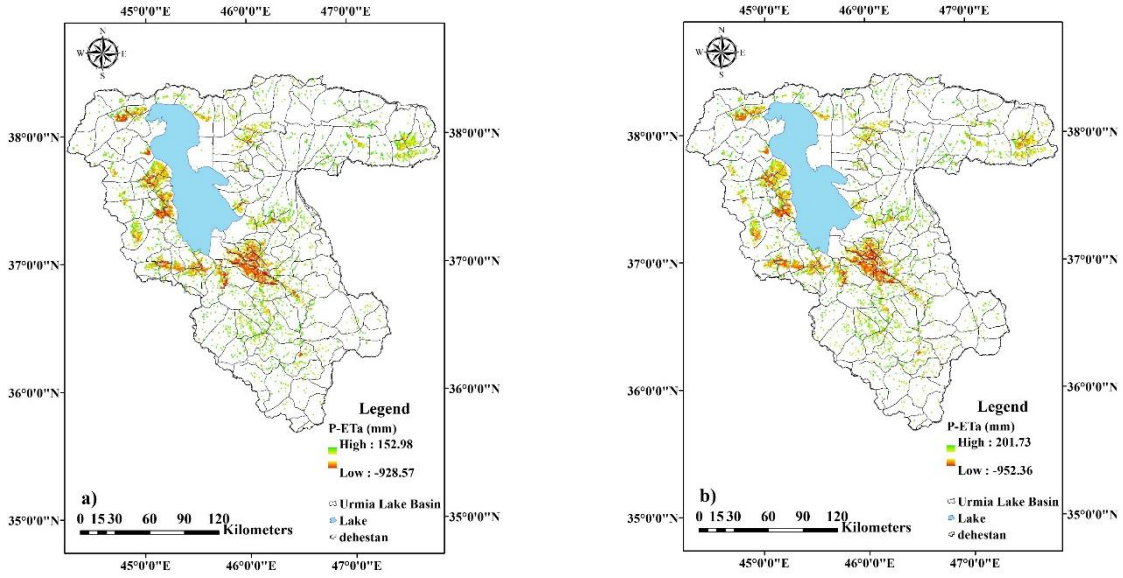

Fig. 2- P-ET$_a$ zoning in the scale of Urmia Lake basin villages in years a) 2013-14 and b) 2014-15

شکل۲- پهنه‌بندی P-ET$_a$ در مقیاس دهستان‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال زراعی a) ۲۰۱۴-۲۰۱۳ و b) ۲۰۱۵-۲۰۱۴

بررسی‌ها نشان می‌دهد از یک سو مکان‌یابی دهستان‌های پرمصرف مطابق با دشت‌هایی است که سطح اراضی آبی تحت کشت گندم، جو، چغندرقند، یونجه و باغات در آن‌ها قابل‌توجه است. از سوی دیگر دسترسی به منابع آب سطحی و زیرزمینی با توجه به موقعیت این دهستان‌ها در پایین دست سدهای احداث شده و نیز دارا بودن آبخوان‌های با منابع آب غنی، زمینه تامین آب بیشتر را فراهم کرده است. به‌طور کلی بررسی الگوی مصرف آب در سطح دهستان‌های واقع در حوضه نشان می‌دهد که الگوی مصرف در اراضی آبی لزوما متناسب با نوع کشت نبوده و با توجه به سهولیت دسترسی به منابع آب، میزان تامین آب متفاوت است. بنابراین شناسایی و مکان‌یابی مناطق پرمصرف می‌تواند در جانمایی اجرای طرح‌های الگویی صرفه‌جویی مصرف آب (pilot) و در نتیجه بر افزایش حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه نقش مهمی داشته باشد.

۴- نتیجه‌گیری

مداخلات عدیده انسانی در سال‌های اخیر از قبیل مهار و مسدود کردن جریانات طبیعی به پیکره دریاچه ارومیه با هدف توسعه کشاورزی از عوامل اصلی به هم‌خوردن بیلان پایدار دریاچه ارومیه محسوب می‌شود. احیاء و پایداری دریاچه منوط به مدیریت صحیح در مصرف آب کشاورزی است. اثربخشی راهکارهای صرفه‌جویی، طبیعتا در مناطقی چشمگیرتر خواهد بود که حداکثر مصرف و برداشت از منابع آب را داشته باشد. در این مطالعه یک تحلیل کاربردی بر اساس تبخیرتعرق واقعی برآورد شده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و نیز روش‌های مختلف تحلیل مکانی و زمانی کاربری اراضی در پهنه‌های مختلف در سطح حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی و بمنظور شناسایی و مکان‌یابی مناطق با مصرف بالای آب انجام شد. از نتایج بدست آمده اطلاعات جامعی از روند و الگوی مصارف در مناطق تحت آبیاری مازاد بدست آمد. مناطق پرمصرف دارای حداکثر پتانسیل صرفه‌جویی و در نتیجه اجرای طرح‌های الگویی صرفه‌جویی مصرف آب هستند. با مدیریت صحیح و بجا می‌توان از برداشت بی‌رویه از منابع آب جلوگیری کرده و زمینه لازم برای افزایش حجم آب ورودی به دریاچه را فراهم آورد.

۵- تشکر و قدردانی

مولفین از ستاد احیای دریاچه ارومیه که امکان دسترسی به اطلاعات مورد نیاز تنظیم این مقاله را فراهم آوردند مراتب قدردانی و سپاس خود را اعلام می‌دارند.

پی‌نوشت‌ها

1- Surface Energy Balance Algorithm for Land
2- Surface Energy Balance System

۶- مراجع

AghaKouchak A, Norouzi H, Madani K, Mirchi A, Azarderakhsh M, Nazemi A, ... Hasanzadeh E (2015)

Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 42(3/W4)

Karimi P (2018) Satellite derived gap-free monthly Actual Evapotranspiration using SEBAL and spatio-temporal interpolation for Urmia Lake basin. Technical document submitted to FAO under the integrated programme for sustainable water resources management in Urmia Lake basin (GCP/IRA/066/JPN):1-32

Khazaei B, Khatami S, Alemohammad SH, Rashidi L, Wu C, Madani K, ... Aghakouchak A (2019) Climatic or regionally induced by humans? Tracing hydro-climatic and land-use changes to better understand the Lake Urmia tragedy. Journal of Hydrology 569:203-217

Mojtahedi AR, Almasi R, and Dadashzadeh M (2018) The evaluation of the impact of the anthropogenic factors on Lake Urmia crisis using Remote Sensing and GIS. Journal of Civil and Environmental Engineering 48(2);59-70 (In Persian)

Qamarnia H, Rezvani SV (2015) An estimation of evapotranspiration using SEBAL method and its comparison with penman-montieth: A case study of Bilevar plain, Western Iran. International Bulletin of Water Resources and Development 3(1):16-31 (In Persian)

Rahimpour M, Karimi N, and Aydın H (2019) Evaluation of pixel-based and object oriented classification approaches for determination of land use changes in Van Lake basin and it comparison with Lake Urmia basin. Iran Water Resources Research 15(1):1-13 (In Persian)

Taheri, M, Emadzadeh M, Gholizadeh M, Tajrishi M, Ahmadi M, and Moradi M (2019) Investigating the temporal and spatial variations of water consumption in Urmia Lake River basin considering the climate and anthropogenic effects on the agriculture in the basin. Agricultural Water Management 213:782-791

Tasumi M, Trezza R, Allen RG, and Wright JL (2003) U.S. validation tests on the SEBAL model for evapotranspiration via satellite. ICID Workshop on Remote Sensing of ET for large Regions 17 Sept.

Zhong L, Ma Y, Hu Z, Fu Y, Hu Y, Wang X, and ... Ge N (2019) Estimation of hourly land surface heat fluxes over the Tibetan Plateau by the combined use of geostationary and polar-orbiting satellites. Atmospheric Chemistry and Physics 19(8):5529-5541

Ziaee R, Moghaddasi M, Paimozd S, and Bagher MH (2019) Comparison of SEBS and SEBAL algorithms in evaporation estimation from open water surface with the assessment of the salinity effect. Journal of Soil and Water Sciences 22(4):317-329 (In Persian)

Aral Sea syndrome desiccates Lake Urmia: Call for action. Journal of Great Lakes Research 41(1):307-311

Alizadeh-Choobari O, Ahmadi-Givi F, Mirzaei N, Owlad E (2016) Climate change and anthropogenic impacts on the rapid shrinkage of Lake Urmia. International Journal of Climatology 36(13):4276-4286

Amirataee B, Montaseri M, and Sanikhani H (2016) The analysis of trend variations of reference evapotranspiration via eliminating the significance effect of all autocorrelation coefficients. Theoretical and Applied Climatology 126(1-2):131-139

Ashraf S, AghaKouchak A, Nazemi A, Mirchi A, Sadegh M, Moftakhari HR, ... Anjileli H (2019) Compounding effects of human activities and climatic changes on surface water availability in Iran. Climatic Change 152(3-4):379-391

Bagheri Haruni MH, Morid S, and Arshad S (2015) Assessment of remote sensing SEBAL algorithm to estimate actual evapotranspiration from different land uses (Case study: Urmia Lake basin). Iranian Water Research Journal 9(1):101-110 (In Persian)

Chaudhari S, Felfelani F, Shin S, and Pokhrel Y (2018) Climate and anthropogenic contributions to the desiccation of the second largest saline lake in the twentieth century. Journal of Hydrology 560:342-353

Elnmer A, Khadr M, Kanae S, and Tawfik A (2019) Mapping daily and seasonally evapotranspiration using remote sensing techniques over the Nile delta. Agricultural Water Management 213:682-692

FAO under the integrated programme for sustainable water resources management in Urmia Lake basin (2017) (GCP/IRA/066/JPN):1-32

Ghale YAG, Altunkaynak A, and Unal A (2018) Investigation anthropogenic impacts and climate factors on drying up of Urmia Lake using water budget and drought analysis. Water Resources Management 32(1):325-337

Han CMY, Chen X, and Su Z (2016) Estimates of land surface heat fluxes of the Mt. Everest region over the Tibetan Plateau utilizing ASTER data. Atmospheric Research 168:180-190

Javadian M, Kordi F, and Tajrishy M (2019) Evaluation and comparison of estimation methods for actual evapotranspiration in the Urmia Lake basin. Journal of Eco Hydrology 6(1):125-136 (In Persian)

Kamran KV, Khorrami B (2018) Change detection and prediction of Urmia Lake and its surrounding environment during the past 60 years applying geobased remote sensing analysis. International