

## Determining Daily Variations of River Flood Plains in the Southern Buffer Zone of Urmia Lake in 2010

S. Youneszadeh<sup>1</sup>, S. Sima<sup>2</sup>, M. Javadian<sup>1\*</sup>  
and M. Tajrishy<sup>3</sup>

### Abstract

This study investigates the Buffer area of Lake Uremia main southern streams including Siminehroud, Gadarchay and Mahabadchay as south western streams, Zarinehroud and Mardoughchay as southern streams and Ghalechay and Soufichay as south eastern streams. Buffer zone area is located between maximum extent and daily extent of Lake Uremia which is selected as the study area. The study is done based on images from 143 days in the year 2010 in which the buffer area and the extent of the southern streams were not cloudy. Using available data from Bonab meteorological station and tail-end hydrometry stations, changes of the Buffer area were analyzed. The aim of this study is to determine the daily variations of the river flood plains in the southern buffer zone of Uremia Lake. Temporal Analysis of flood plains showed that from late May, most southern feeder streams got dried. Also, the analysis of time-discharge charts have shown that similarly the registered discharge at terminal hydrometry stations is recorded as zero. Also, analysis of discharge-time graphs showed that proportionable to dried flood plains, registered discharge in tail-end stations became zero. Results of investigation of daily precipitaton showed that effective rainfall occurred in the first 135 days i.e. from early February to Early June, and during summer the daily precipitation is decreased proportionable to discharge and floodplain. Based on the study findings, southern streams including Zarinerood and Mardoogh-chaii rivers, was more stable than the two other western and eastern streams and were connected to the lake in the total duration of 143 study days.

**Keywords:** Buffer Zone, Lake Urmia, Flood Plain, Density Slice.

Received: July 27, 2017

Accepted: January 26, 2018

## تعیین محدوده‌های روزانه سیلابدشت رودخانه‌ها در بخش جنوبی دریاچه ارومیه در سال ۲۰۱۰

سهیلا یونس‌زاده<sup>۱</sup>، سمیه سیما<sup>۲</sup>، مصطفی جوادیان<sup>۱\*</sup>  
و مسعود تجریشی<sup>۳</sup>

### چکیده

مطالعه حاضر نوسانات سطح پخشیدگی جریان‌های اصلی جنوبی دریاچه ارومیه شامل رودخانه‌های سیمینه‌رود، گدارچای و مه‌آبادچای تحت عنوان شاخه جنوب غربی، رودخانه‌های زرینه‌رود و مردوق‌چای تحت عنوان شاخه جنوبی و رودخانه‌های قلعه‌چای و صوفی‌چای را تحت عنوان شاخه جنوب شرقی بافرزون بررسی می‌کند. ناحیه بافرزون در حد فاصل مرز حداکثری و مرز روزانه دریاچه بوده و به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب شده است. همچنین از بعد زمانی مطالعه مربوط به ۱۴۳ روز از سال ۲۰۱۰ می‌باشد که در آن محدوده دریاچه فاقد پوشش ابری بوده و رودخانه‌های ورودی به آن متصل و قابل رؤیت می‌باشند. با استفاده از محصولات سنجنده MODIS و روش برش دنیسیت تک باندی سطح پخشیدگی رودخانه‌ها در منطقه بافرزون جنوبی تخمین زده شد. همچنین با استفاده از آمار ایستگاه هواشناسی بناب و ایستگاه‌های هیدرومتری انتهایی رودخانه‌های مورد بررسی، نحوه تغییرات سطح پخشیدگی در بافرزون مورد تحلیل قرار گرفت. هدف از این مطالعه یافتن هرگونه رابطه معنی‌دار بین سطح پخشیدگی شاخه‌های ورودی به ناحیه بافرزون با پارامترهای دبی و بارش روزانه است. تحلیل تغییرات زمانی سطح پخشیدگی نشان می‌دهد که از اواخر ماه می (خرداد) عملاً جریان‌های جنوبی تغذیه‌کننده دریاچه خشک می‌شوند. همچنین تحلیل نمودارهای دبی-زمان نیز نشان می‌دهد که متناسب با خشکیدگی سطح پخشیدگی، دبی ثبت شده در ایستگاه‌های انتهایی نیز از آخر ماه می (خرداد) به بعد صفر می‌گردد. نتایج بررسی آمار بارندگی روزانه نشان می‌دهد که بارش مؤثر در ۱۳۵ روز اول یعنی از اواسط بهمن تا اواسط خرداد رخ داده و هماهنگ با دبی و سطح پخشیدگی، در فصل تابستان افت می‌کند. طبق یافته‌های این مطالعه شاخه‌ی جنوبی که متشکل از رودخانه‌های زرینه‌رود و مردوق‌چای می‌باشد، پایداری زمانی بیشتری از دو شاخه جنوب غربی و شرقی داشته و در هر ۱۴۳ روز مورد مطالعه دارای سطح پخشیدگی بوده و متصل می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** بافرزون، دریاچه ارومیه، سطح پخشیدگی آب، برش دنیسیت.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۵/۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۱/۶

1- Researcher of Sharif University Remote Sensing Research Center (RSRC), Tehran, Iran. Email: mostafa.javadian@yahoo.com

2- Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University.

3- Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Sharif University of Technology.

\*- Corresponding Author

۱- کارشناس مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف (RSRC).

۲- استادیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس.

۳- استاد دانشکده مهندسی عمران و رئیس مرکز تحقیقات سنجش از دور (RSRC)، دانشگاه صنعتی شریف.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۳۹۷ امکانپذیر است.

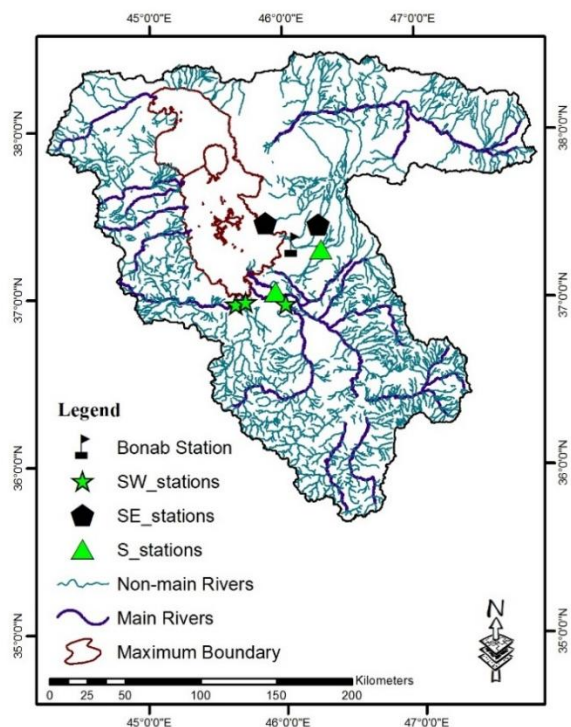


Fig. 1- Uremia Basin, 2010

شکل ۱- حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۲۰۱۰ میلادی

Laurence (1997)، به مقایسه روش‌های موجود تشخیص پیکره‌های آبی از روی تصاویر ماهواره‌ای پرداخت. او در این پژوهش استدلال کرد که تصاویر لندست توانایی خوبی در تفکیک پیکره‌های آبی در مناطق بدون پوشش ابر، درخت و پوشش‌های گیاهی شناور دارد. این در شرایطی است که تصاویر SAR دارای محدودیت شرایط آب و هوایی و یا تاریکی هوا نیستند و برای تشخیص پیکره‌های آبی باز و بدون شیب تصاویر SAR-C مناسب می‌باشند. او همچنین بیان کرد که روش مفید تشخیص مناطق سیلابی با حاشیه‌های گیاهی استفاده ترکیبی از داده‌های ماهواره‌ای در طیف visible/infrared و SAR می‌باشد. Frazier et al. (2000) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM به تشخیص پیکره آبی رودخانه ماروم بیدگی<sup>۱</sup> در نزدیکی شهر وگاواگا در استرالیا پرداختند. در این تحقیق تصاویر ماهواره‌ای با دو روش طبقه‌بندی نظارت‌شده<sup>۲</sup> و برش دانسیته تک‌بندی<sup>۳</sup> صورت پذیرفت و نتایج حاصل با نقشه‌های مرجع دشت سیلابی رودخانه مقایسه گردید. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که باند مادون قرمز میانی بهترین باند لندست جهت تشخیص پیکره‌های آبی می‌باشد. آن‌ها همچنین نشان دادند که درستی روش طبقه‌بندی نظارت‌شده در تفکیک دشت سیلابی ۹۷/۴ درصد می‌باشد. روش طبقه‌بندی نظارت‌شده قادر به تشخیص پیکره‌های اصلی آبی بوده اما تعداد پیکسل‌های آبی تصویر را به صورت دست پایین محاسبه می‌کند و این در شرایطی است که صحت روش

رودخانه‌ها شریان‌های اصلی حیات دریاچه محسوب می‌شوند و حفاظت و بهره‌برداری بهینه از آن‌ها و همچنین حراست از بستر و حریم آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. در حوضه ارومیه مسائلی نظیر نزدیکی سازه‌های تغذیه‌کننده از آب رودخانه، گسترش زمین‌های کشاورزی اطراف رودخانه، تغییر الگوی کشت به سمت محصولات پر مصرف و همچنین روند معنادار کاهش دبی و افزایش دما از اواسط سال ۱۳۸۵ از اصلی‌ترین عوامل رشد مصرف آب در حوضه و کاهش ورودی‌های رودخانه‌های حوضه آبریز به دریاچه ارومیه و در نهایت عقب‌نشینی دریاچه و کاهش سطح و حجم آب آن بوده است. برآورد صحیح جریانات سطحی از عوامل مهم در برآورد بیلان دریاچه‌ها می‌باشد (Water Research Institute, 2006). دریاچه‌ی ارومیه در شمال غربی ایران، یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های دائمی فوق‌شور در جهان و بزرگ‌ترین دریاچه از این نوع در خاورمیانه است که به لحاظ جغرافیایی مابین استان‌های آذربایجان شرقی، کردستان و آذربایجان غربی و در محدوده‌ی ۳۶/۴۵ تا ۳۸/۲۰ درجه‌ی عرض شمالی و ۴۴/۵۰ تا ۴۶/۱۰ درجه‌ی طول شرقی واقع شده است که در شکل ۱ نشان داده شده است. حداکثر سطح دریاچه در دوران پرآبی در حدود ۶۱۰۰ کیلومتر مربع ارزیابی شده است؛ با این حال، از سال ۱۹۹۵ میلادی وسعت دریاچه کاهش داشته و مطابق اطلاعات به دست آمده از تحلیل داده‌های ماهواره‌ی لندست، در اوت سال ۲۰۱۱ میلادی به ۲۳۶۶ کیلومتر مربع رسیده است (UNEP, 2012). در سال‌های اخیر و به واسطه خشک شدن و عقب‌نشینی دریاچه، محدوده‌ای به طول تقریبی ۳۰ کیلومتر و مساحت ۹۵۰ کیلومتر مربع، از زمین‌های خشک و شوره‌زار بین مصب رودخانه‌ها تا بدنه اصلی دریاچه ایجاد شده که اصطلاحاً بافرزون نامیده می‌شود. از نگاه دیگر بافرزون همان فاصله ایجاد شده بین مرز حداکثری دریاچه تا مرز آبی روزانه آن می‌باشد. عبور جریان آب از منطقه بافر جنوبی موجب بروز ترمی از تلفات شامل تبخیر و نفوذ شده و لذا محاسبه بیلان بافرزون بسیار مهم می‌باشد. آگاهی از ترم تلفات، روزهای اتصال و دبی حداقل اتصال اطلاعات مفیدی را جهت رهاسازی و عبور آب از ناحیه بافرزون جنوبی در اختیار کاربر اجرایی قرار می‌دهد. علت تمرکز بر محدوده جنوبی، آن است که رودخانه‌های زربینه‌رود و سیمینه‌رود در مجموع بیش از ۵۰ درصد از جریانات سطحی ورودی به دریاچه را تأمین می‌کنند (Water Research Institute, 2013). با توجه به مطالب بیان شده اهمیت تشخیص سطوح سیلابی در مدیریت پایدار منابع آبی مشهود بوده و لذا مطالعه حاضر در این راستا قرار می‌گیرد.

برش دنسیته باند ۵ به میزان ۹۶/۹ درصد بوده و روش برش دنسیته تخمین بهتری از درصد پیکسل‌های آبی تصویر دارد. در عین حال این روش دارای تخمین دست بالا بوده و تعداد بیشتری پیکسل غیر آبی را به پیکره آبی تخصیص می‌دهد. (Sun et al., 2011) به تفکیک اراضی سیلابی بخشی از رودخانه می‌سی‌سی‌پی در امریکای شمالی پرداختند. آن‌ها جهت تفکیک اراضی آبی از خاکی از تلفیق یک مدل خطی و روش درخت تصمیم‌گیری استفاده کردند. شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه جهت تفکیک اراضی آبی از زمین‌های مجاور، از تصاویر تابشی سنجنده MODIS (CH1 و CH2) استفاده گردیده است. CH1 محدوده رنگی و CH2 محدوده مادون قرمز نزدیک است. در عین حال پارامترهای دیگری مثل NDVI، نسبت باند ۲ به ۱ و تفاضل این باندها جهت تفکیک بهتر اراضی آب بهره گرفته شده است. بعضی از نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که محدوده باندی مادون قرمز نزدیک بهترین باند برای تفکیک اراضی آبی است. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند که مهم‌ترین و بهترین فاکتور تفکیک اراضی آبی و غیر آبی CH2-CH1 می‌باشد. آن‌ها استدلال کردند که در شرایط طغیانی بعد از سیلاب که آب حالت گل‌آلود و تیره دارد فاکتور CH2/CH1 بهتر از CH2-CH1 اراضی آبی را تشخیص می‌دهد اما در سایر شرایط فاکتور CH2/CH1 کارایی چندانی در تفکیک ندارد.

(Horritt et al., 2001) به بررسی تأثیر اندازه پیکسل تصاویر ماهواره‌ای در تولید خطای مدل تشخیص اراضی سیلابی پرداختند. آن‌ها در ابتدا به تشخیص اراضی سیلابی توسط مدل LISFLOOD-FP پرداختند و سپس حساسیت کالیبره کردن مدل را نسبت به رزولوشن ورودی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که کالیبره کردن مدل با رزولوشن‌های مختلف تأثیری در روند شناسایی گستره‌ی سیلاب ندارد و کالیبراسیون بهینه مقدار ثابتی می‌باشد که تحت تأثیر اندازه پیکسل نیست. روند فوق برای پیش‌بینی سایر فاکتورها مانند زمان پیمایش موج‌های سیلابی یکسان نیست. (Penton et al., 2005) به مدل‌سازی سطح و عمق سیلابی روزانه رودخانه میوری در استرالیا و با کمک نقشه DEM یک متری و تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. در این مدل آن‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سطح سیلابی را مشخص و جهت محاسبه عمق آن اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای را با اطلاعات نقشه DEM یک متری منطقه کامل کردند. آن‌ها نشان دادند که سطح سیلابی دارای اطلاعات تلویحی از عمق آب است به صورتیکه که ارتفاع سیلاب و ارتفاع زمین در مناطق پخش سیلاب در کنار رودخانه با هم برابر هستند. لذا با تفریق نقشه ارتفاع سیلاب از DEM و با جدا کردن نقاط پرشیب دیواره‌های رودخانه و درون‌یابی ارتفاع سیلاب، مدلی به نام RIM-FIM را توسعه دادند. این

مدل با داده‌های تصویر ماهواره‌ای و DEM قادر به محاسبه سطح و عمق، تعداد و طول مدت جریان‌های سیلابی رودخانه میوری می‌باشد. (Sahebdel et al., 2010) به تعیین حریم و بستر رودخانه رامیان با کمک مدل HEC-RAS پرداختند. این مطالعه به دلیل عبور رودخانه از مجاورت شهر رامیان و روستاهای حوضه مطالعاتی انجام گرفته است. در این پژوهش بیان شده که روش سنتی متداول همچون مشاهده داغاب و انتقال دستی مدل ریاضی بر روی نقشه ضمن اینکه موجب صرف زمان زیادی می‌گردد، از دقت کمتری در تحلیل نتایج برخوردار است و در عوض استفاده از سامانه‌های جمع‌آوری داده مکانی را که می‌توانند موجب کاهش زمان اکتساب، پردازش و تحلیل داده‌ها گردند، توصیه نمودند. (Hajibeyglo et al., 2013) به مطالعه تغییرات مورفولوژیکی رودخانه و ارتباط آن با فرایندهای حاکم بر رودخانه در رودخانه فیروزه-شاهجوب پرداختند. در این تحقیق رابطه رگرسیونی بین متغیر وابسته دبی و متغیرهای مستقل عرض، عمق هیدرولیکی، سطح مقطع جریان و چند متغیر دیگر بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مدل‌های نمایی عملکرد بهتری نسبت به معادلات درجه ۱، ۲ و ۳ دارند. بنابراین مدل‌های نمایی مدل‌های مناسبی برای بیان ارتباط بین متغیرهای ژئومتری و هیدرولیکی در رودخانه مورد مطالعه هستند. نتایج نشان می‌دهد که رابطه رگرسیونی بین دبی جریان و سرعت جریان معکوس بوده و از طرفی دبی و سطح مقطع جریان دارای بیشترین سطح معنی‌داری هستند.

چهار روش عمده در مدل‌سازی محدوده‌های پخشیدگی سیلابی وجود دارد که عبارت‌اند از معادلات بیلان آب، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، استفاده از نقشه رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک‌پذیری مکانی بالا و مدل‌های هیدرولیکی (Frazier et al., 2000). در روش استفاده از نقشه رقومی ارتفاع به عنوان تنها منبع تشخیص دشت‌های سیلابی، پدیده‌هایی نظیر آبخوان‌های زیرزمینی و یا منافذ خاک‌ریز در نظر گرفته نمی‌شوند. کاربرد مدل‌های هیدرودینامیکی موجود نیازمند داده‌های مقاطع عرضی رودخانه، نقشه DEM با تفکیک‌پذیری بالا و کالیبراسیون‌های متعدد است. علاوه بر این تحلیل سیستم‌های پیچیده رودخانه‌ای با مدل‌های تک‌بعدی کارآمدی زیادی ندارد (Horrit et al., 2001). روش طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای به دو صورت طبقه‌بندی چندطیفی و یا استفاده از برش‌های دانسیته باند مادون قرمز میانی است (Penton et al., 2005). مطالعه حاضر سطح نوسانی پخشیدگی جریان‌های اصلی جنوبی دریاچه ارومیه شامل رودخانه‌های سیمینه‌رود، گذارچای، مهابادچای، زرینه‌رود، مردوق‌چای، قلعه‌چای و صوفی‌چای را در سه محدوده کلی جنوب غربی، جنوبی و جنوب شرقی بافرزون بررسی می‌کند. این مطالعه در محدوده مرز

## ۲-۱-گردآوری داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه به شرح زیر دریافت و پردازش شد:

تصاویر سنجنده MODIS که با ترکیب باندی ۲۲۱ از ماهواره‌های Terra و Aqua با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متری استخراج گردید، (منبع تصاویر: وبسایت <https://earthdata.nasa.gov>). آمار دبی روزانه جریان‌های رودخانه‌های جنوبی دریاچه ارومیه نیز از شرکت مدیریت منابع آب ایران دریافت و مرتب‌سازی گردید (جدول ۱).

سطح روزانه دریاچه که با استفاده از داده‌های تراز آب دریاچه اندازه‌گیری شده توسط سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان غربی و با استفاده از منحنی تراز-سطح-حجم محاسبه گردید (Water Research Institute of Energy, 2013). آمار بارندگی از ایستگاه هواشناسی بناب (شکل ۱) برای روزهای مورد مطالعه استخراج گردید زیرا نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه جنوب دریاچه ارومیه، ایستگاه هواشناسی بناب است.

## ۲-۲- انتخاب روزهای مناسب از سال ۲۰۱۰ جهت تعیین محدوده بافر

برای این منظور تصاویر روزانه سال ۲۰۱۰ یک به یک مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی بصری، تصاویر روزانه ترکیب رنگی سنجنده MODIS که در محدوده جنوبی دریاچه و فاقد پوشش ابری بوده، از یکی از ماهواره‌های ترا و یا آکوآ انتخاب شدند. بعد از چک کردن تصاویر هر ۳۶۵ روز سال ۲۰۱۰ در ماهواره‌های ترا و آکوآ در نهایت ۱۴۳ تصویر برای دیجیتایز محدود پخشیدگی رودخانه‌ها مناسب تشخیص داده شد و دانلود گردید. این تصاویر در محدوده بین مرز حداکثری و مرز روزانه دریاچه فاقد پوشش ابری بوده و رودخانه‌ها در این محدوده متصل و قابل تشخیص هستند (شکل ۲).

حداکثری و مرز روزانه دریاچه (بافروزون) و در ۱۴۳ روز از سال ۲۰۱۰ صورت پذیرفته است. علت تمرکز بر این روزها آن است که در آن‌ها محدوده دریاچه فاقد پوشش ابری بوده و رودخانه‌های ورودی به آن متصل و قابل رؤیت می‌باشند. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و روش برش دانسیته تک‌باندی سطح پخشیدگی رودخانه‌ها در بافرزون محاسبه شده و سپس رابطه آن با دبی، بارش و دمای روزانه رودخانه تحلیل می‌شود.

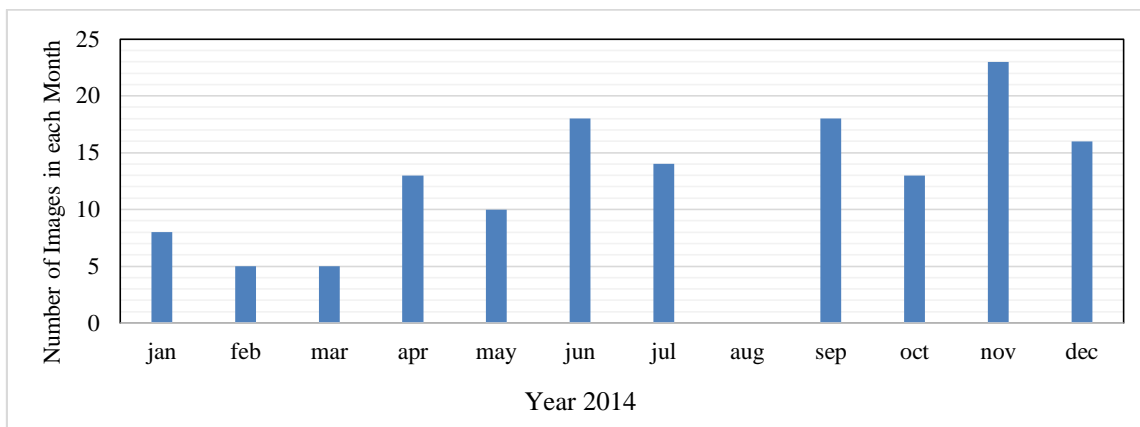
## ۲- روش تحقیق

در مطالعه حاضر از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS و روش برش دانسیته ۷ جهت تشخیص پخشیدگی آب در محدوده بافرزون و در سال ۲۰۱۰ میلادی (گام روزانه) استفاده شده است.

برش دانسیته یکی از روش‌های پردازش تصویر به حساب می‌آید که در آن حدود درجات خاکستری و در عمل مقادیر خام پیکسل در محدوده‌های مجزا طبقه‌بندی و سپس ادغام شده و به صورت گروه‌های مجزا معرفی می‌شوند. در واقع این روش مقادیر به هم پیوسته تن خاکستری را به فواصلی از سری‌های دانسیته مجزا تبدیل می‌کند. استفاده از این روش به خصوص در شرایطی که پدیده مورد نظر در تصویر دارای محدوده باریک و خاصی از طیف خاکستری باشد کارایی بالاتری دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که باندهای مادون قرمز نسبت به باندهای مرئی نتایج به مراتب بهتری در تفکیک اراضی آبی دارند. علت عدم موفقیت باندهای مرئی در تفکیک اراضی آبی، این است که آب‌های گل‌آلود اطراف رودخانه در باندهای مرئی بازتابی مشابه اراضی غیر آبی اطراف دارند که باعث تخمین دست بالای اراضی آبی می‌شود. در باندهای مادون قرمز به دلیل جذب بالای طیف مادون قرمز توسط آب، محدوده‌های آبی به صورت تیره نمایان می‌شوند و این امر تشخیص منبع آب را راحت‌تر می‌کند (Frazier et al., 2000).

Table1- Name and basic information of the study rivers and hydrometry stations  
جدول ۱- نام و مشخصات اولیه رودخانه‌ها و ایستگاه‌های ثبت دبی مورد استفاده در این مطالعه

Entrance location	Hydrometry station	River Name	Type of River
Southwest	Paul Brahelmo Santo	Gadarchay	Main river
	Tazekand- Miandoab	Siminehroud	Main river
	Gordiyaghoub	Mahabadchay	Sub river
South	Nezamabad	Zarinehroud	Main river
	Gheshlaghamir	Mardoughchay	Sub river
Southeast	Shishvan	Ghalechay	Sub river
	Tazekand-Alavian Dam	Soufichay	Sub river



**Fig. 2- Days in the year 2010 for which the images can be investigated**  
**شکل ۲- روزهای قابل بررسی از سال ۲۰۱۰**

گرفت؛ اما محدوده کلی این کاربری در تصاویر موجود بین صفر تا ۹۵ و گاهی تا ۱۱۰ قرار داشت.

#### ۲-۵- تولید نقشه‌های سطح روزانه دریاچه ارومیه و تخمین سطح روزانه پخشیدگی رودخانه‌ها در محدوده بافرزون

با استفاده از آمار روزانه تراز آب دریاچه، دریافتی از شرکت آب منطقه‌ای ارومیه و با استفاده از منحنی تراز-سطح مؤسسه تحقیقات آب، محدوده‌های گسترش سطح آب دریاچه برای روزهای مورد نظر (روزهای دارای تصاویر بدون ابر) محاسبه شده و مرز آن به صورت لایه‌برداری مشخص شد. تصاویر برش‌یافته به نرم‌افزار GIS منتقل و با مرز حداکثری دریاچه ماسک گردیدند. برای جداسازی محدوده بافرزون دو لایه مرزبرداری حداکثر سطح دریاچه و سطح روزانه دریاچه که از روابط تراز سطح بدست آمده استفاده شده است.

برای جلوگیری از تکرار این مراحل در همه تصاویر، این دستورات به صورت مدل سامان‌دهی شده و باعث بالاتر رفتن سرعت کار گردید. خروجی مدل بر روی تصویر روز مربوطه قرار گرفته و اصلاحات دستی صورت پذیرفته و در نهایت محدوده‌های پخشیدگی رودخانه‌ها به صورت دیجیتالیز شده تولید گردید. شاخه‌های ورودی به دریاچه به سه بخش جنوبی، جنوب شرقی و جنوب غربی تفکیک و مساحت هر بخش در هر روز محاسبه گردید. سپس تحلیل رابطه بین مساحت‌های محاسبه شده و دبی جریان انجام شد. در نهایت مقدار مساحت پخشیدگی روزانه رودخانه‌ها با مقدار دبی متناظر همان روز مورد تحلیل قرار گرفت تا هر گونه رابطه احتمالی بین سطح و دبی آب رودخانه استخراج گردد.

#### ۲-۳- اصلاح روش کار با نمونه‌های آزمایشی

جهت رسیدن به روش کار مناسب جهت تفکیک اراضی آبی، در ابتدا کل مراحل برای ۲۰ تصویر به صورت آزمایشی صورت پذیرفته و سپس روش کار اصلاح شده به کل تصاویر اعمال گردید. لذا این ۲۰ تصویر در نرم‌افزار ENVI به صورت بدون نظارت طبقه‌بندی گردید. طبقه‌بندی به روش k-means و در ۱۰ طبقه با آستانه ۵ تا ۸ و عدد تکرار ۱۰۰<sup>۵</sup> صورت پذیرفت. سپس، فایل طبقه‌بندی شده به نرم‌افزار GIS منتقل و به صورت دستی دیجیتالیز و ویرایش شد. با توجه به زمان‌بر بودن این روش و دخالت نظر کاربر در دیجیتالیز دستی و تخصیص مرز مشخصی بین محدوده آب از زمین‌های اطراف، تصمیم بر آن شد که روش سریع‌تری در تشخیص محدوده‌های پخشیدگی اعمال گردد که در عین حال حساسیت کمتری به اعمال نظر شخصی کاربر دارد.

#### ۲-۴- انتخاب باند بهینه برای برش دنسپته

در نهایت روش برش دنسپته برای طبقه‌بندی تصاویر انتخاب گردید. با در نظر گرفتن محدودیت باندهای موجود، در ابتدا برش دنسپته در چند تصویر و برای هر سه باند ۱، ۲ و ۷ اعمال و نتایج نشان داد که باند ۷ که نزدیکی بیشتری به محدوده مادون قرمز میانی دارد، عملکرد بهتری در تفکیک پیکره‌های آبی از غیر آبی نشان می‌دهد. سپس، تصاویر در نرم‌افزار ENVI مورد آنالیز برش دنسپته باند ۷ قرار گرفت. دامنه تن خاکستری مربوط به کاربری‌های غیرآبی از طبقه‌بندی نهایی حذف گردید؛ به صورتیکه نقشه حاصل از برش، تصویری است که تنها منابع آبی را نشان می‌دهد. در برش و تفکیک اراضی آبی و غیر آبی دامنه تن خاکستری از تصویری به تصویر دیگر متفاوت بوده و نمی‌توان دامنه‌ای از ارزش‌های پیکسلی بهینه جهت جدایش منابع آبی در نظر

### ۳- نتایج و بحث

شکل ۳ نمونه‌ای از محدوده پخشیدگی شناسایی شده در رودخانه‌های جنوبی را نشان می‌دهند:

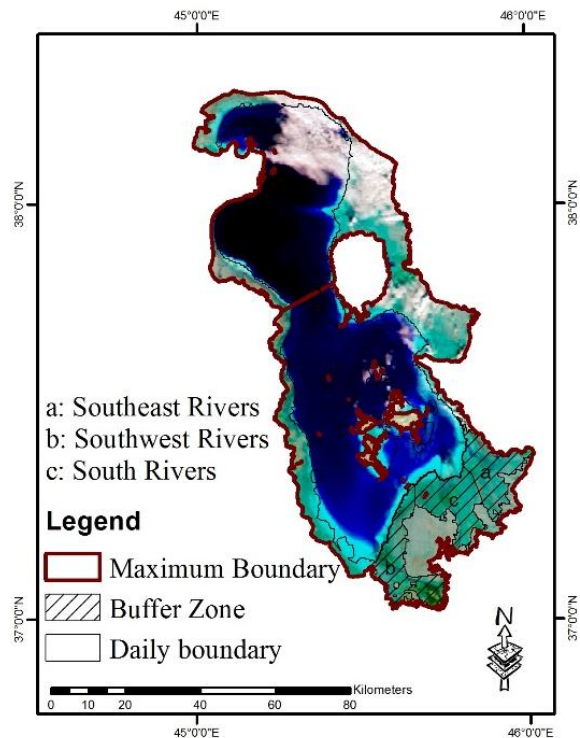


Fig. 3- An example of flood plain area of southern rivers

شکل ۳- نمونه‌ای از محدوده پخشیدگی رودخانه‌های جنوبی دریاچه

بررسی مجموع ۱۴۳ تصویر نشان می‌دهد که تقریباً از روز شانزدهم ژوئیه ۲۰۱۰ (۲۵ تیرماه ۱۳۸۹) تا روز هفتم سپتامبر سال ۲۰۱۰ (۱۶

شهریور ۱۳۸۹) رودخانه‌های محدوده مورد مطالعه خشک می‌باشند. سطح محدوده‌های پخشیدگی می‌تواند تحت تأثیر میزان بارش، دما، تبخیر و میزان مصارف کشاورزی در مسیر رودخانه‌ها باشد. در ماه‌های ژوئیه و اوت (تیر و مرداد) منطقه با بیشترین میزان دما، کمترین حد بارندگی و مصرف بالای آب کشاورزی مواجه است که طبیعتاً منجر به خشک شدن ورودی‌های جنوبی دریاچه می‌شود. بررسی کلی وضعیت تصاویر نشان می‌دهد که شاخه جنوب شرقی از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار است و تنها در ۱۹ روز از ۱۴۳ روز مورد بررسی دارای جریان است. این شاخه از روز ۱۴۶ به بعد تقریباً خشک است. این در شرایطی است که جریان جنوبی در همه این ۱۴۳ روز مطالعاتی دارای جریان بوده و شاخه جنوب غربی در ۴۸ روز از ۱۴۳ روز مورد مطالعه دارای جریان می‌باشد. برای درک بهتر از چگونگی روند تغییرات سطح، نمودار تغییرات در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نمایش داده شده است.

شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نشان می‌دهند که از روز ۱۵۱ یا سی و یکم ماه مه سال ۲۰۱۰ (۱۰ خرداد ۱۳۸۹) عملاً سطح پخشیدگی آبی همه شاخه‌های جنوبی رو به کاهش می‌گذارد. نمودار در هر سه شاخه دارای پیک معناداری در محدوده ۱۲۰ واحد می‌باشد. بررسی آمار بارندگی روزانه سال ۲۰۱۰ نشان می‌دهد که حداکثر بارش روزانه در سال ۲۰۱۰ معادل ۲۲ میلی‌متر بوده که در روز ۱۲۲ یعنی دوم ماه مه (۱۲ اردیبهشت) رخ داده و دومین بارش بزرگ معادل ۱۷ میلی‌متر بوده که در روز ۱۲۷ یعنی هفتم ماه مه (۱۷ اردیبهشت) رخ داده است. این موضوع می‌تواند دلیل بالا رفتن سطح نسبی پخشیدگی‌ها در این محدوده زمانی باشد. تطبیق این روز با تقویم کشت گیاهان اطلاعات مفیدی را در مورد نحوه کاهش سطح پخشیدگی آب دارد.

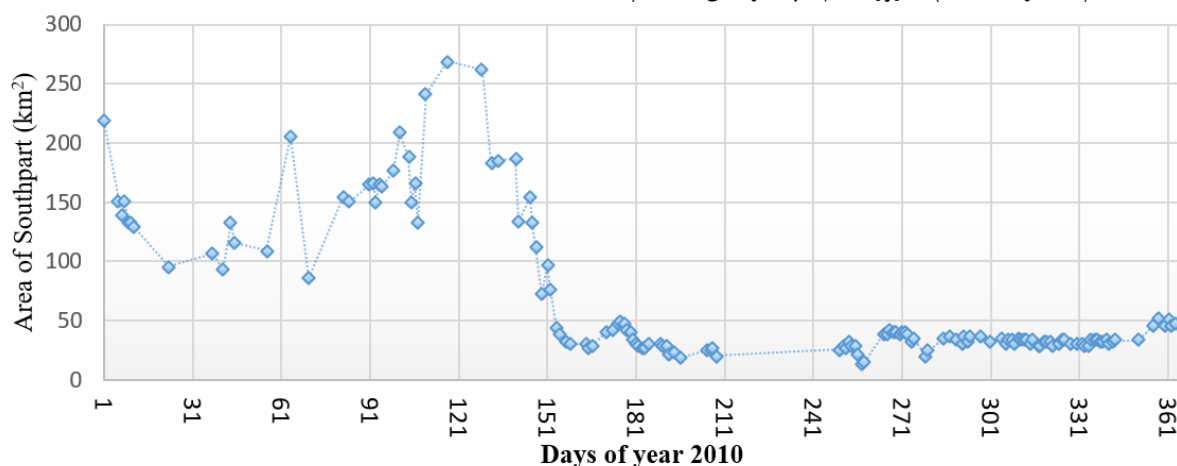
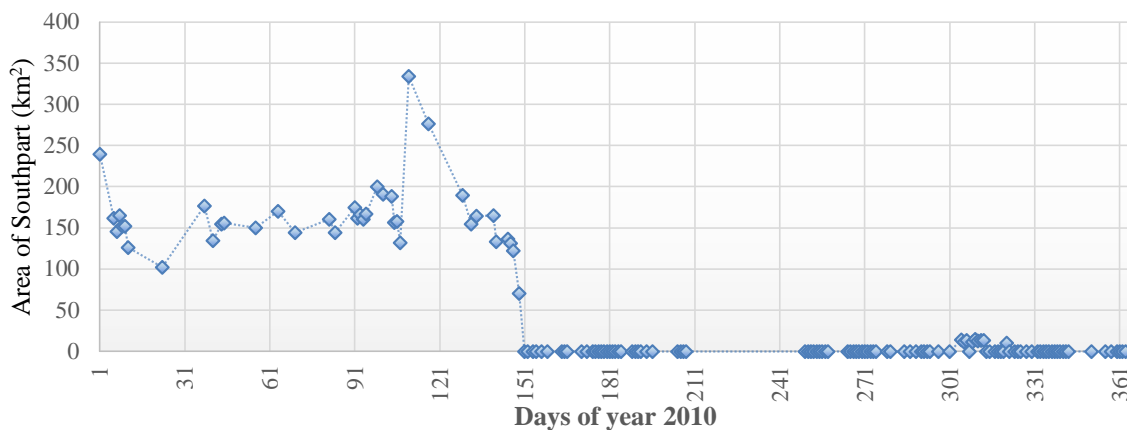
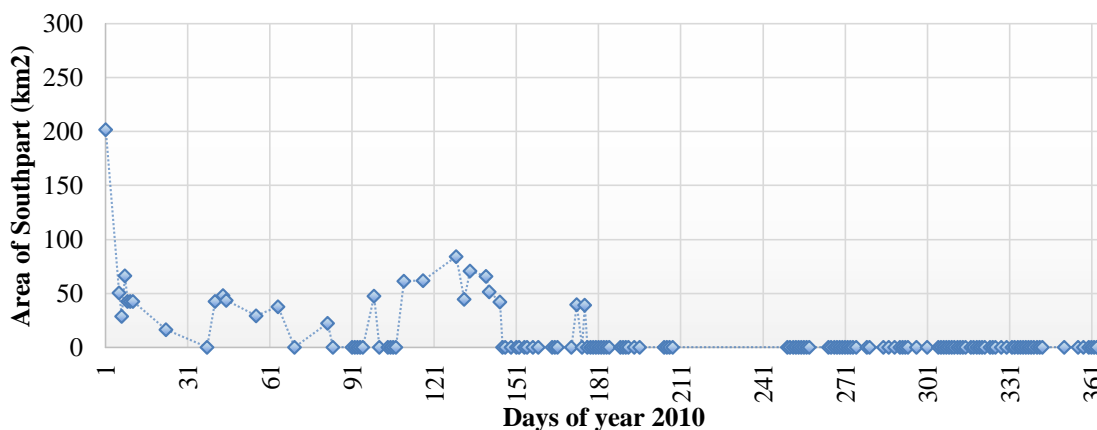


Fig. 4- Changing trend in southern stream's flood plain (Zarnehroud and Mardoughchay)

شکل ۴- روند تغییرات سطح پخشیدگی شاخه جنوبی (زرینه‌رود و مردوق‌چای)



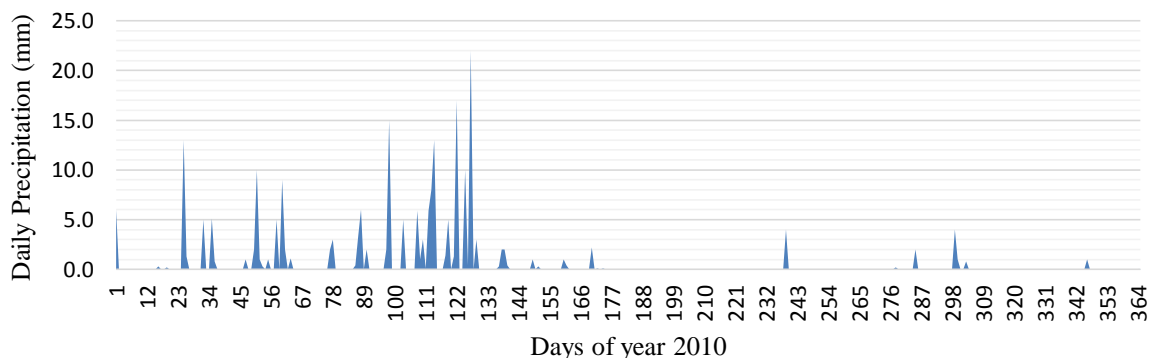
**Fig. 5- Changing trend in south western stream's flood plain (Siminehroud, Gadarchay and Mahabadchay)**  
 شکل ۵- روند تغییرات سطح پخشیدگی شاخه جنوب غربی (سیمینه‌رود، گذارچای و مهابادچای)



**Fig. 6- Changing trend in south eastern stream's flood plain (Ghalechay and Soufichay)**  
 شکل ۶- روند تغییرات سطح پخشیدگی شاخه جنوب شرقی (قلعه‌چای و صوفی‌چای)

می‌شود؛ اما جریان شاخه جنوبی همچنان ادامه دارد و این شاخه از پایداری بیشتری برخوردار است. شکل ۷ مربوط به بارندگی روزانه در حوضه می‌باشد.

چنانچه از اواخر مارس (فروردین) با افزایش برداشت آب در بخش کشاورزی آبی و همچنین با افزایش دما و افت بارندگی سطح پخشیدگی رودخانه‌ها به صورت محسوسی رو به کاهش است. از اواخر ماه مه (خرداد) جریان در شاخه‌های جنوب غربی و جنوب شرقی خشک



**Fig. 7- Daily precipitation in mm in year 2010**  
 شکل ۷- بارش روزانه سال ۲۰۱۰ بر حسب (میلی‌متر)

### ۳-۱- نمودارهای تغییرات دبی

همه شاخه‌ها به صفر می‌رسد.

از روز پنجاهم (۳۰ بهمن) به بعد نمودارهای سطح پخشیدگی و دبی شباهت بسیار زیادی داشته و روندهای صعود و نزول یکسانی را طی می‌کنند. بر اساس شکل‌های ۴ و ۶ در ۵۰ روز اول سال میلادی یعنی در ماه‌های بهمن و اسفند، دبی معادل صفر است و در همین فاصله زمانی چنانچه شکل‌های ۸ تا ۱۰ نشان می‌دهند، جریان‌ات در منطقه بافرزون دارای سطح پخشیدگی می‌باشند که طبعاً سطح مذکور ناشی از عامل بارش می‌باشد و نه دبی جریان‌ات تغذیه‌کننده جنوبی دریاچه.

نمودارهای تغییرات دبی جریان در طول سال ۲۰۱۰ برای نواحی جنوب‌غربی و جنوبی و جنوب شرقی دریاچه در شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ نمایش داده شده‌اند. دو نمودار بیان‌گر این امر هستند که در طول سال دبی پایه‌ی ثابتی در منطقه بافر برای رودخانه‌های ورودی نمی‌توان متصور بود. البته به صورت فصلی می‌توان دبی پایه‌ای برای رودخانه‌های ورودی شناسایی نمود. نکته شایان ذکر این است که نمودار دبی نشان می‌دهد که در روز ۱۵۰ (۹ خرداد) دبی صفر می‌شود و قبلاً مشخص شد که در روز ۱۵۱ (دهم خرداد) سطح پخشیدگی در

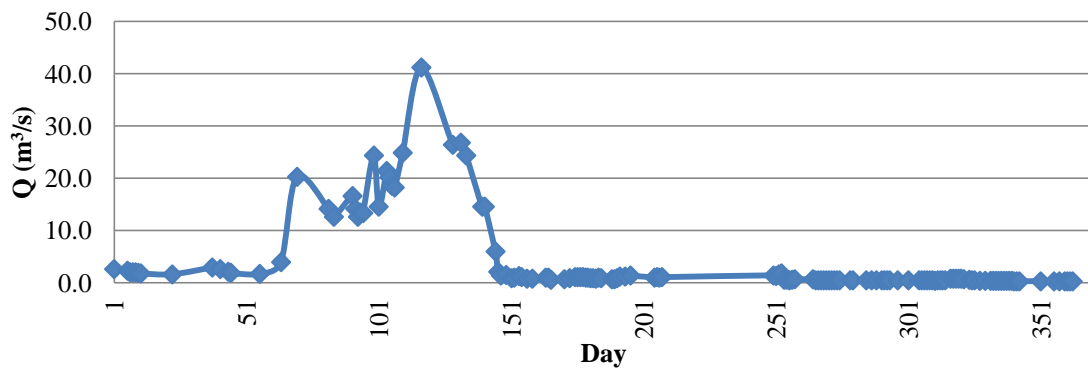


Fig. 8- Changing in discharge in year 2010 for south western part of the Lake Urmia

شکل ۸- تغییرات دبی در طول سال ۲۰۱۰ میلادی برای ناحیه‌ی جنوب‌غربی دریاچه

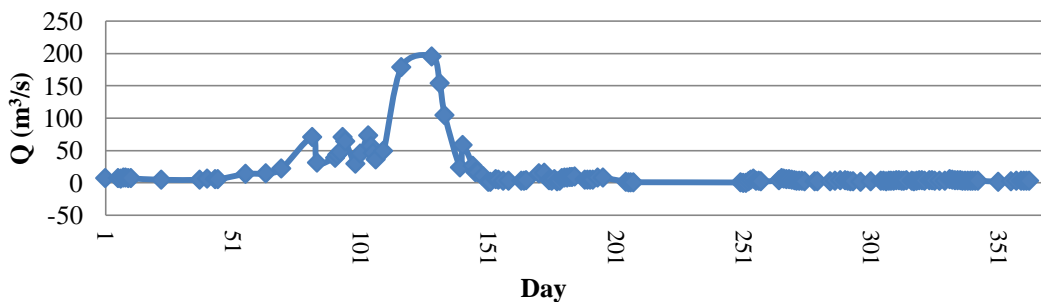


Fig. 9- Changing in discharge in year 2010 for southern part of the Lake Urmia

شکل ۹- تغییرات دبی در طول سال ۲۰۱۰ میلادی برای ناحیه‌ی جنوبی دریاچه

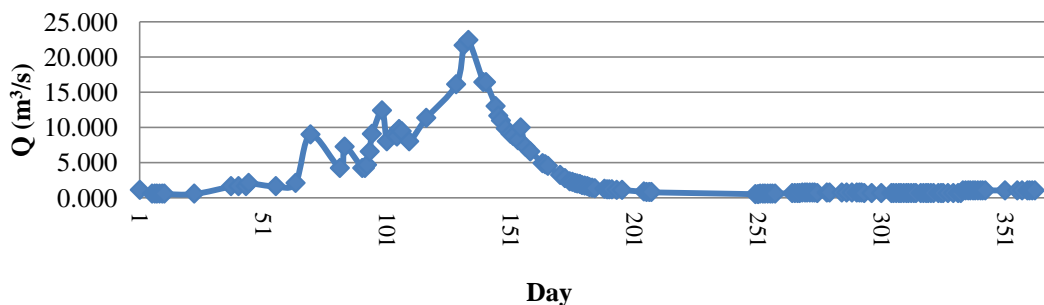


Fig. 10- Changing in discharge in year 2010 for south eastern part of the Lake Urmia

شکل ۱۰- نمودار تغییرات دبی در طول سال ۲۰۱۰ میلادی برای ناحیه‌ی جنوب شرقی دریاچه



### ۳-۳- نمودارهای مساحت سطح پخشیدگی آب بر حسب دبی ورودی برای سال ۲۰۱۰ میلادی در نواحی جنوب غربی، جنوب و جنوب شرقی دریاچه

با استفاده از ۱۴۳ عدد زوج نقطه‌ی (دبی ورودی-مساحت ناحیه‌ی پخشیدگی)، نمودار مساحت سطح پخشیدگی آب بر حسب دبی ورودی برای نواحی جنوب غربی، جنوبی و جنوب شرقی در شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ رسم شده است. برای هر یک از این نمودارها، برازش‌های خطی، لگاریتمی و چندجمله‌ای (از درجات متفاوت) به آزمون گزارده شد که نهایتاً در هر مورد بهترین برازش، معادله و ضریب تعیین آن گزارش شده است. برای قسمت جنوب غربی دریاچه که شامل رودخانه‌های گدارچای، سیمینه رود و مهبادچای است، ضریب تعیین برازش لگاریتمی ۰/۷۴ است که مقدار بالاتری در قیاس با برازش خطی (۰/۵۹) و برازش‌های چندجمله‌ای (برای درجه‌ی دوم ۰/۶۳) دارد و با توجه به شکل داده‌ها نیز بهترین برازش را داراست.

می‌دهد جهت اتصال جریانات جنوب غربی دبی در حدود ۱۰ تا ۲۰ متر مکعب بر ثانیه کفایت می‌کند.

در مورد ناحیه‌ی جنوبی که شامل رودخانه‌های زرینه رود و مردوق چای است نیز برازش لگاریتمی با ضریب تعیین ۰/۵۵ در میان برازش‌های ممکن، بهترین توصیف از داده‌ها را ارائه می‌نماید و مشابه ناحیه‌ی قبل، قرار دادن آستانه‌ای برای دبی شرایط برازش را بهبود نمی‌بخشد. در مورد ناحیه‌ی جنوب شرقی که متشکل از رودخانه‌های قلعه چای و صوفی چای می‌باشد، به دلیل پراکندگی داده‌ها هیچ یک از برازش‌های پیش گفته توصیف درستی از شرایط ارائه نمی‌دهند. همچنین تحلیل منحنی نشان می‌دهد که در شاخه جنوبی منحنی بعد از دبی حدود ۵۰ متر مکعب بر ثانیه مجانب شده و این حالت به این معنی است دبی‌های بالاتر از این مقدار سهمی در افزایش سطح پخشیدگی ندارند. در واقع حداقل دبی مجانب شده معادل حداقل دبی اتصال به دریاچه در نظر گرفته شده است.

باید توجه داشت که در دو ناحیه‌ی جنوب و جنوب غربی حضور رودخانه‌های دائمی (اصلی و فرعی) به عنوان ورودی‌های دبی موجب مناسب بودن برازش‌ها بوده‌اند و در مورد ناحیه‌ی جنوب شرقی عدم حضور چنین جریان ورودی‌ای باعث شده همبستگی معنی‌داری بین دبی جریان و سطح آب نباشد که احتمالاً سطوح ناشی از بارش یا جریانات زیر سطحی است. ضریب تعیین برازش‌های لگاریتمی و خطی در ناحیه‌ی جنوب شرقی عبارت‌اند از: ۰/۰۶ و ۰/۱۱. نکته‌ی شایان ذکر در اینجا موقعیت مکانی ایستگاه اندازه‌گیری دبی است که بستگی به موقعیت ایستگاه‌های موجود دارد، ولی در شرایط مطلوب بهتر است این اندازه‌گیری‌ها دقیقاً در ابتدای بافرزون باشد تا بتوان رابطه‌ی درستی بین این دبی و سطح پخشیدگی ناشی از آن برقرار کرد.

در صورتی که روند محاسبات فوق را با حذف نتایج با دبی پایین تکرار شود، در تمامی برازش‌ها مقدار ضریب تعیین کاهش پیدا خواهد کرد (به عنوان نمونه با قرار دادن آستانه‌ی ۱/۵ مترمکعب بر ثانیه برای دبی ورودی و حذف داده‌هایی با دبی کمتر، مقدار ضریب تعیین برازش‌های لگاریتمی و خطی به ترتیب برابر با ۰/۲۵ و ۰/۲۸ خواهند بود)، لذا بهترین شرایط استفاده از تمامی نقاط در به دست آوردن برازش سالانه می‌باشد. نمودار مجانب در شکل ۱۱ نشان می‌دهد که هر چند در ابتدا به ازای افزایش دبی سطح پخشیدگی افزایش می‌یابد اما از دبی‌های معینی به بعد افزایش دبی تأثیری در افزایش سطح پخشیدگی نخواهد داشت. برای مثال در شاخه جنوب غربی منحنی پس از محدوده دبی ۱۰ تا ۲۰ متر مکعب بر ثانیه، حالت خطی گرفته و این موضوع نشان

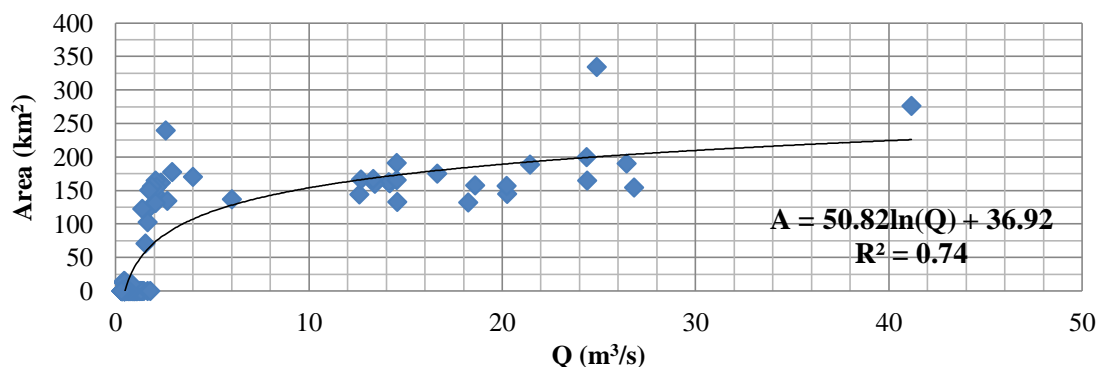


Fig. 11- Relationship between the area of flood plain and input discharge for south western area of Lake Urmia

شکل ۱۱- رابطه بین مساحت سطح پخشیدگی آب و دبی ورودی برای ناحیه‌ی جنوب غربی

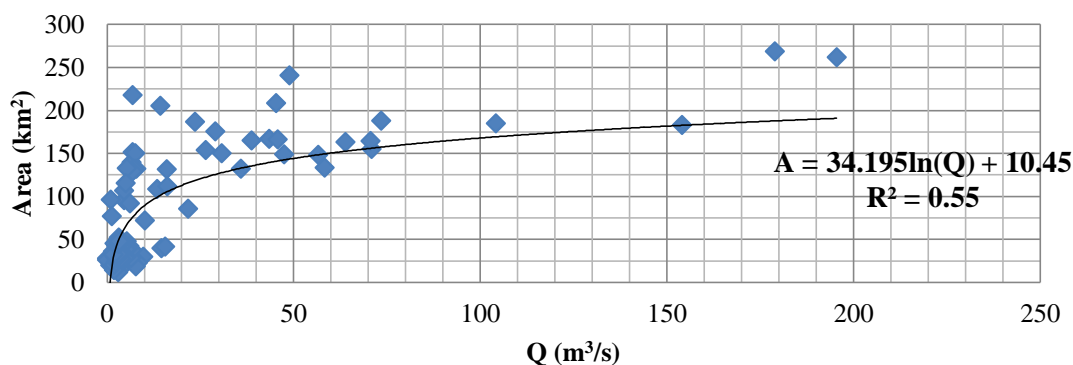


Fig. 12- Relationship between the area of flood plain and input discharge for southern area of Urmia Lake

شکل ۱۲- رابطه بین مساحت سطح پخشیدگی آب و دبی ورودی برای ناحیه جنوبی

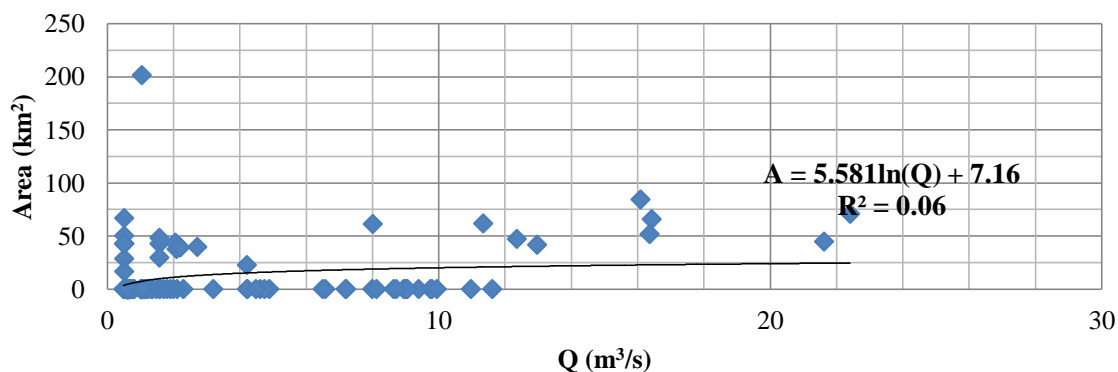


Fig. 13- Relationship between the area of flood plain and input discharge for south eastern area of Urmia Lake

شکل ۱۳- رابطه بین مساحت سطح پخشیدگی آب و دبی ورودی برای ناحیه جنوب شرقی

محدوده بافر اطلاعات مهمی از نحوه اتصال آن‌ها به دریاچه و تغذیه آن ارائه می‌دهد. اهم نتایج به دست آمده از این مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

همبستگی سطح پخشیدگی جریان با دبی روزانه در شاخه‌های جنوب غربی، جنوبی و جنوب شرقی به ترتیب معادل ۰/۷۶، ۰/۷۲ و ۰/۳۹ است. همچنین این همبستگی با عامل بارش برای شاخه‌های جنوب غربی، جنوبی و جنوب شرقی به ترتیب معادل ۰/۳۷، ۰/۳۵ و ۰/۶۸ می‌باشد. لذا در شاخه‌های جنوب غربی و جنوبی سطح پخشیدگی بیشتر تحت تأثیر دبی بوده و همبستگی بالایی با آن دارد. در حالی که شاخه جنوب شرقی بیشترین همبستگی را با عامل بارش نشان می‌دهد و سیلاب‌دشت شاخه جنوب شرقی بیشتر تحت کنترل عامل بارندگی است.

بررسی سطح پخشیدگی جریان در روزهای مورد بررسی از سال ۲۰۱۰ میلادی نشان می‌دهد که شاخه جنوبی در کل روزهای مورد مطالعه سطح بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد.

برای مثال، اگر دبی در اواسط مسیر رودخانه اندازه‌گیری شده باشد، با توجه به مصرف، نفوذ و تبخیر آب نمی‌توان به طور قطع سطح پخشیدگی تولیدی را در ارتباط با دبی دانست. سطح پخشیدگی تحت تأثیر هم‌زمان عوامل متعددی مثل دما، بارش، مصارف کشاورزی، دبی و غیره می‌باشد که بررسی رگرسیون چند متغیره می‌تواند رابطه‌ی موجود را بهتر نشان دهد. رابطه‌ی خطی سطح پخشیدگی با دبی قوی‌تر از این رابطه در ارتباط با بارندگی است. علت این موضوع می‌تواند به دلیل مستقیم‌تر بودن تأثیر دبی در تولید سطح پخشیدگی باشد، زیرا آب بخشی از آب بارش تبخیر و بخشی نفوذ می‌کند و آنچه به صورت مؤثر در تولید سطح پخشیدگی تأثیر دارد، همان دبی است.

#### ۴- جمع‌بندی

به منظور تأمین حق‌آبه زیست محیطی دریاچه، آب باید از طریق رودخانه‌های اصلی تغذیه‌کننده دریاچه به آن وارد شود. به دلیل پسروی چشمگیر آب دریاچه در دو دهه اخیر، آب ورودی باید مسیر زیادی را بر روی زمین خشک شده و شوره‌زارها حرکت کند تا به پیکره آبی دریاچه برسد. بررسی نحوه جریان رودخانه‌های جنوبی دریاچه در

## ۵- مراجع

- Frazier P S, Page K J (2000) Water body detection and delineation with Landsat TM data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 66(12):1461-1467
- Hajbeyglo M, Dastoorani M (2013) Morphologic change of river and its relationship with governed processes. *Journal of Rangeland and Watershed* 66(1):43-58
- Horrit M S, Bates P D (2001) Effects of spatial resolution on a raster based model of flood flow. *Journal of Hydrology* 253:239-249
- Laurence C S (1997) Satellite remote sensing of river inundation area, stage, and discharge: a review. *Hydrological processes* 11:1427-1439
- Penton D J, Overton I C (2005) Spatial modelling of floodplain inundation combining satellite imagery and elevation models. CSIRO Land and Water, Black Mountain, ACT, Australia
- Sahebdel S h, Yaghoubzadeh M (2010) Determining river flood plain by using HEC-RAS model. *Geomatic Conference, Iran National Cartographic Center, Tehran (In Persian)*
- Sun D, Yu Y, Goldberg M G (2011) Deriving water fraction and flood maps from MODIS images using a decision tree approach. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing* 4(4):814-825
- United Nations Environment Programme (UNEP) Global Environmental Alert Service (GEAS) (2012) The drying of Iran's Lake Urmia and its environmental consequences. *Environmental Development* 2:128-137
- Urmia Lake Management Plan (2010) Department of Environment (In Persian)
- Water Research Institute of Energy Ministry of Iran (WRI) (2006) Urmia Lake Management Plan (In Persian)
- Water Research Institute of Energy Ministry of Iran (WRI) (2013) Evaluation of Environmental Change in Urmia Lake basin (In Persian)

همچنین از لحاظ تداوم جریان، شاخه جنوبی بیشترین تداوم را داشته و در همه ۱۴۳ روز مورد مطالعه دارای جریان و متصل است. در حالی که شاخه‌های جنوب غربی و جنوب شرقی با ۴۸ و ۱۹ روز جریان متصل از کل ۱۴۳ روز مورد مطالعه، در رتبه‌های دوم و سوم تداوم جریان قرار می‌گیرند.

در طی ۱۴۳ روز مطالعاتی، شاخه جنوبی بیشترین آورد جریان را دارد که معادل ۱۷۲ میلیون متر مکعب است و شاخه جنوب غربی است با ورودی ۴۴ میلیون متر مکعب در رتبه دوم و شاخه جنوب شرقی با ۳۷ میلیون متر مکعب در جایگاه سوم قرار می‌گیرد.

تحلیل تغییرات زمانی سطح پخشیدگی نشان می‌دهد که از اواخر ماه مه که در حدود ماه خرداد است عملاً جریان‌های جنوبی تغذیه‌کننده دریاچه خشک می‌شوند. تحلیل نمودارهای دبی-زمان نیز نشان می‌دهد که از روز ۱۵۰ یا سی و یکم ماه مه (نهم خرداد) به بعد دبی ثبت شده در ایستگاه‌های انتهایی به صفر می‌رسد.

نمودارهای تغییرات سطح پخشیدگی بر حسب دبی ورودی نشان می‌دهد که در محدوده دبی جریان ۵۰ متر مکعب بر ثانیه، اتصال بین رودخانه‌های شاخه جنوبی (زرینه‌رود و مردوق چای) و دریاچه برقرار است در حالی که حداقل دبی مورد نیاز برای وصل کردن شاخه جنوب غربی (گدارچای، سیمینه‌رود و مهابادچای) به دریاچه بین ۱۰ تا ۲۰ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. بر اساس این اطلاعات جهت رهاسازی آب در صورت یکسان بودن سایر شرایط شاخه جنوب غربی که شامل رودخانه‌های گدارچای، سیمینه‌رود و مهابادچای است، گزینه بهتری می‌باشد زیرا حداقل دبی که این شاخه نیاز دارد تا بتواند به دریاچه متصل شود کمتر از شاخه‌های دیگر است.

## پی‌نوشت‌ها

- 1- Murrumbidgee River
- 2- Multispectral Maximum-Likelihood
- 3- Single-Band Density Slicing
- 4- Threshold
- 5- Iterate