نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۸ شماره ۳ صفحه‌های ۲۰۹ تا ۲۱۸/ سال ۱۳۹۷

بررسی تاثیر پارامترهای هیدروکلیماتولوژیکی روی روند در واریانس نوسانات سطح آب با استفاده از تبدیل موجک

(مطالعه موردی : دریاچه ارومیه)

مهسا قاسم زاده[۱]، وحید نورانی*[۲]، الناز شرقی[۳]

۱-کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشکده عمران، دانشگاه تبریز

۲-استاد گروه آب، دانشکده عمران ، دانشگاه تبریز

۳-استادیار گروه آب، دانشکده عمران ، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: vnourani@yahoo.com

چکیده

ارزیابی منابع موجود مانند دریاچه ارومیه، تعیین میزان تاثیر هریک از پارامترهای هیدرولوژیکی و تغییرات آنها در سطح حوضه آبریز مورد توجه طراحان و مدیران منابع آب هیدرولوژیکی می‌باشد. در این راستا بررسی تاثیر فاکتورهای اقلیمی و تغییرات سری زمانی آنها می‌تواند راهگشایی برای بررسی تغییر رفتار دینامیک دریاچه ارومیه باشد. در این پژوهش با استفاده از معیار ارتباط موجکی که در پردازش سیگنال، درحقیقت معیاری از ارزیابی همبستگی بین دو سری زمانی در حالت موضعی و یک ابزار اندازه گیری مقیاس-زمان برای بررسی رابطه بین دو سری زمانی می‌باشد که ارتباط فرکانسی بین سری زمانی دو فرایند مختلف در محیط نرم افزاری متلب را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از بررسی ارتباط موجکی و روند در واریانس سری‌های زمانی بارش،رواناب، دما، رطوبت نسبی و تبخیر در ایستگاه‌های سعیدآباد، لیقوان، ونیار و همچنین ایستگاه تازه کند میاندوآب بر نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که در بین این پارامترهای هیدرولوژیکی، پارامتر رواناب به میزان ۲۲/۳ ٪ در حوضه سعیدآباد، به میزان ۲۷/۰ ٪ در حوضه ونیار، به میزان ۱۵/٦ ٪ در حوضه سمینه رود روی نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه موثر می‌باشد. به علاوه تغییرات پارامتر رواناب در بازه زمانی مورد نظر با حداکثر مقدار همبستگی و با ارتباط موجکی ۱-۰/۹، همخوانی بیشتر و قابل ملاحظه‌تری با تغییر نوسانات تراز آب دریاچه ارومیه دارد که عوامل مختلفی نظیر افزایش جمعیت، توسعه شهرسازی، توسعه کشاورزی و ... تاثیر مستقیم در این تغییرات دارد.

واژه های کلیدی: ارتباط موجک؛ پارامتر هیدرولوژیکی؛سری زمانی؛دریاچه ارومیه؛روند

Investigating the Effect of Hydroclimatological Parameters on Trend in Variance of Water Level Fluctuations Using Wavelet Transform

(Case Study: Urmia Lake)

M.Ghasemzade[1], V.Nourani[2*], E.Sharghi[3]

[1] M.S. of water resource engineering, Faculty of Civil Engineering, Tabriz University.

[2] Professor of water resource engineering, Faculty of Civil Engineering, Tabriz University.

[3] Assistant professor of water resource engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz.

* Corresponding Author, Email **:** vnourani@yahoo.com

Abstract

Water resources and generally natural processes are irregularly distributed in space and time, and they are under pressure due to human activity so it is necessary to understand the relationship between these processes and their impact on each. Urmia Lake is one of the vital hydrological natural quarters of Iran which lately has met sever water level decrease.The drawdown trend of the water level in Urmia Lake poses a serious problem which has had negative impacts on agriculture and industry. In this study wavelet coherence measure is implemented for evaluating the relations and effect of hydrological process over many years on Urmia lake water level fluctuation that is powerful method for testing proposed linkages between two time series. To this end, the strength and relationships between four hydroclimatological variables, including rainfall, runoff, temperature, as well as evaporation and water level fluctuations in the lakes were determined and discussed in terms of high common power region, phase relationships, and local multi-scale correlations. Hydrological data from Saeed Abad station, Ligavn station, Vanyar station and Tazekande Miandoab station are analyzed. The results of the wavelet coherence showed that between the hydrological parameters, runoff parameter has the 23.41% in Saidabad basin, 28.13% in AjiChay basin and 37.57% in Simine basin effect on the Urmia lake water level fluctuations and has the most coherencies (0.9-1) with water level fluctuations in the lake.

Keywords: Hydrological processes;Time series;Urmia Lake; Wavelet coherence;Trend

مقدمه

بسیاری از سری‌های زمانی هیدرولوژیکی بنا به دلایل مختلف نظیر تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی، دارای روند بوده و ناایستا هستند. یکی از مسائلی که اخیرا مورد توجه طراحان و مدیران منابع آب می‌باشد، شناخت چگونگی تغییر متغیرهای هیدرولوژیکی به ویژه بارش- رواناب است تا بتوانند با استفاده از آن به ارائه‌ی مدل‌های هیدرولوژیکی بپردازند. تغییرات در فرایندهای هیدرولوژیکی ممکن است به نوبه‌ی خود در میزان دسترسی، کیفیت منابع آب و مشخصات مکانی و زمانی پدیده‌های هیدرولوژیکی نظیر زمان وقوع جریان، دوره بازگشت و شدت سیل و خشکسالی تاثیر بگذارند(میشرا و سینگ، ۲۰۱۰). تحقیقات متعددی برای بررسی تغییرات سری‌های زمانی هیدرولوژیکی با استفاده از روش‌های مختلف اعم از آزمون‌های پارامتریک مانند تحلیل رگرسیون، آزمون‌های ناپارامتریک مثل آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن[1]، آزمون مان-کندال[2] (کاهایا و کالایچی ۲۰۰٤، مان ۱۹٤٥، کندال ۱۹۷٥) و یا روش تبدیل موجک بین سری‌های زمانی مختلف آنها صورت گرفته است. عموما سری‌های زمانی فرایندهای هیدرولوژیکی ناایستا بوده و به خاطرقابلیت آنالیز موجک در لحاظ کردن ناایستایی و نوسانات فصلی فرایندهای هیدرولوژیکی، اخیراً تبدیل موجک توسط هیدرولوژیست‌ها مورد توجه و استفاده قرار گرفته است(پارتال و کیشی ۲۰۰۷، نورانی و زانااردو ۲۰۱٤). به طور کلی تبدیل موجک برای مشخص کردن تغییرات مکانی و زمانی در سری‌های هیدرولوژیکی و برای به دست آوردن نگرشی از رابطه دینامیکی بین

[1] Spearman's ratio
[2] Man-Kendall Test

داده‌های هیدرولوژیکی و مدهای غالب تغییرات آب و هوایی به کار می‌رود . نظریه فیزیکی موجک‌ها برای اولین بار در آثار مورلت به همراه ریاضیدان دیگری به نام گراسمن ارائه شد. این دو شخص مفهوم موجک را در فیزیک کوانتوم به طور مستقیم طرح و بررسی کردند و دریافتند که برگرداندن ضرایب موجک به حالت سیگنال اولیه تنها با یک انتگرال یگانه امکان‌پذیر است (گراسمن و مورلت، ۱۹۸٤). سپس والنات(۲۰۰۲) در مورد آنالیز تبدیل موجک برای به دست آوردن سطح اطمینان و روابط فیزیکی بین سری‌های زمانی تحقیق کرد. اندرو و همکاران(۲۰۰٦) داده‌های هیدرولوژیکی بارش، رواناب و دما و... را با استفاده از آنالیز همبستگی و تبدیل موجک پیوسته تحلیل کردند و در نهایت به مفید بودن تبدیل موجک پیوسته برای آنالیز داده‌ها با مقیاس مشخص پی بردند. به طور کلی، تبدیل موجک برای آنالیز سری‌های زمانی ناایستا با فرکانس‌های مختلف به کار می‌رود (هولمان و همکاران، ۲۰۱۱)، که عمده هدف این آنالیزها جداسازی سیگنال بیان شده توسط تابع زمان t، به جزهایی با فرکانس‌های مختلف می‌باشد (باگس و نارکوویچ، ۲۰۰۱). علاوه بر تبدیل متقابل موجک، استفاده از آنالیزهای ارتباط موجکی[1] برای بیان همبستگی بین دو فرایند معرفی شد که همبستگی متقابل موضعی بین دو سری زمانی در فضای فرکانس – زمان را ارزیابی می‌کند ؛ که وجود این همبستگی به وضوح در آنالیزهای تبدیل ارتباط موجک نشان داده می‌شود.

از آنجایی که بحران اخیر زیست محیطی و خشک شدن دریاچه ارومیه هم اکنون یکی از بزرگترین مخاطرات زمین شناختی کشور محسوب می‌گردد، تحقیقاتی روی شناخت علل کاهش ناگهانی تراز آب دریاچه ارومیه، انجام گرفته است؛ در این خصوص جلیلی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از روش‌های بررسی روند، تغییر رژیم و آنالیز طیفی به تحلیل سری زمانی دریاچه ارومیه پرداختند و نشان دادند که تراز دریاچه ارومیه دارای روند کاهشی بوده است. نورانی و همکاران (۱۳۹٤) برای سنجش میزان پیچیدگی فرایندهای هیدرولوژیکی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه از روش موجک آنتروپی استفاده کرده و دلیل اصلی کاهش پیچیدگی تراز آب دریاچه ارومیه را کاهش پیچیدگی در رواناب یافتند. دلجو و همکاران (۲۰۱۳) نیز به بررسی تاثیر متغیرهای اقلیمی و تغییر آنها در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از آزمون‌های پارامتریک پرداختند و به کاهش متوسط بارش و افزایش متوسط دما، در طول چهار دهه اخیر پی بردند. تحقیق حاضر نیز ارتباط عوامل انسانی و تاثیر تغییرات پارامترهای هیدروکلیماتولوژیکی در بروز کاهش نوسانات را با استفاده از یک ابزار جدید ریاضی، در بررسی روند در واریانس و اندرکنش فرایندهای هیدرولوژیکی بررسی می‌کند.

منطقه مورد مطالعه

دریاچه ارومیه بزرگ ترین دریاچه داخلی ایران و دومین دریاچه بزرگ آب شور دنیا است که طبق تقسیمات کشوری، میان دو استان آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی قرار گرفته است و در مختصات جغرافیایی ´۰۳ °۳۷ تا ´۱۷ °۳۸ عرض شمالی و ´۵۹ °٤٤ تا ´٥٦ °٤٥ طول شرقی قرار دارد. به طور میانگین ۱٤۰ کیلومتر طول، در پهن ترین نقطه۵۵ کیلومتر عرض و ۵۲۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. این دریاچه در عمیق ترین نقطه، ۱٦ متر عمق و ۲/۵۹ میلیارد مترمکعب حجم(براساس آمار سال آبی ۹٤-۹۳) دارد. حوضه آبریز دریاچه ارومیه، ۵۱۸۷٦ کیلومتر مربع است که معادل بیش از ۳٪ مساحت کل کشور ایران می باشد (مهسافر و همکاران۱۳۹۱، ابراهیمی۱۳۹٤). آب این دریاچه بسیار شور بوده و عمدتاً از رودخانه‌های زرینه‌رود، سیمینه‌رود،آجی چای، گدار، باراندوز، شهرچای، نازلو و زولا تغذیه می‌شود. در قسمت شرقی دریاچه ارومیه، برای سنجش پارامترهای هیدرولوژیکی بارش، رواناب از ایستگاه هیدرومتری سعیدآباد وهمچنین ایستگاه دبی-

[1] Wavelet Coherence

سنجی ونیار که به ترتیب از رودخانه‌های سعیدآباد و آجی چای تغذیه می‌کنند، استفاده شده است. به علاوه از داده‌های ایستگاه تبخیرسنجی لیقوان برای سنجش پارامترهای دما، رطوبت نسبی و تبخیر بهره گرفته شده است. همچنین برای بررسی قسمت غربی دریاچه ارومیه از ایستگاه تازه‌کند میاندوآب بر روی رودخانه سیمینه، استفاده شده است. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه دریاچه ارومیه و نتایج آمار توصیفی پارامترهای هیدرولوژیکی آنها در جدول۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ونتایج آمار توصیفی پارامترهای هیدرولوژیکی ایستگاه‌های مطالعاتی.

ایستگاه				میانگین	انحراف معیار	چولگی
سعیدآباد (۱۳۹۳-۱۳۵۰)	رودخانه	سعیدآباد	بارش(mm)	۳۲/۳۱	۳۷/۱۲	۲/۴۳
	طول جغرافیایی	°۳۵/۴۶				
	عرض جغرافیایی	°۵۹/۳۷	رواناب (m^3/s)	۰/۳۱	۰/۳۸	۲/۴۵
	ارتفاع	۱۸۵۰				
ونیار (۱۳۹۲-۱۳۵۰)	رودخانه	آجی چای				
	طول جغرافیایی	°۲۶/۴۶	رواناب (m^3/s)	۱۲/۴۳	۱۹/۹۳	۳/۰۱
	عرض جغرافیایی	°۰۷/۳۸				
	ارتفاع	۱۴۶۰				
لیقوان (۱۳۹۳-۱۳۶۷)	رودخانه	لیقوان چای	دما (C°)	۷/۹۱	۷/۹۶	-۰/۲۷
	طول جغرافیایی	°۲۶/۴۶	رطوبت نسبی (٪)	۶۶/۰۶	۱۱/۱۰	۰/۱۳
	عرض جغرافیایی	۳۷/۵۰	تبخیر ($\frac{mm}{month}$)	۹/۷۸	۷۶/۰۰	۰/۱۶
	ارتفاع	۲۲۰۰				
تازه‌کند میاندوآب (۱۳۹۳-۱۳۴۵)	رودخانه	سیمینه رود	بارش (mm)	۳۲/۳۱	۵/۱۸	۱/۷۴
	طول جغرافیایی	°۰۲/۴۶	رواناب (m^3/s)	۱۴/۴۷	۲۴/۸۶	۳/۴۲
	عرض جغرافیایی	°۵۹/۳۶	دما (C°)	۱۱/۵۲	۸/۳۱	-۰/۱۷
	ارتفاع	۱۳۰۰	تبخیر ($\frac{mm}{month}$)	۱۳۵/۹۵	۸۵/۰۳	۰/۰۲۳

مواد و روش‌ها

برای بررسی ارتباط موجود بین روند و دوره های تناوب پارامترهای هیدروکلیماتولوژی و سطح تراز آب دریاچه ارومیه، تبدیل موجک می‌تواند گزینه مناسبی برای آنالیز داده‌های موجود محسوب شود. با استفاده از این تبدیل، تحلیل سیگنال با سرعت و دقت بالا انجام شده و برخلاف دیگر روش‌های آنالیز سیگنال، می‌توان روند، تغییرات ناگهانی، نقاط شکست و ناپیوستگی‌ها و ... را مشخص کرد(نورانی و همکاران، ۲۰۱۵). لذا تبدیل موجک پیوسته با مطالعه سری‌های زمانی در فضاهایی غیر از زمان، امکان بررسی بهتر و شفاف‌تر آنها را فراهم کرده و قادر به استخراج اطلاعات مهم سری‌های زمانی می-باشد. مطابق معادله ۱ ، بر این اساس، تبدیل موجک پیوسته به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$C_{\psi}^{X}(a,b)=\int x(t)\frac{1}{\sqrt{a}}\psi^{*}(\frac{t-b}{a})dt \qquad [۱]$$

که ψ تابع موجک مادر، e تابع نمایی و ω_0

فرکانس بدون بعد و η زمان بدون بعد می‌باشد، هم چنین علامت "*" به مزدوج مختلط موجک مادر اشاره دارد. پارامتر "a" به عنوان فاکتور مقیاس بیان می شود که اگر a>1 باشد سری زمانی در طول محور زمان منبسط و اگر a<1 باشد سری زمانی در طول محور زمان منقبض می‌شود. هم چنین پارامتر "b" به عنوان فاکتور موقعیت به کار گرفته می‌شود و اجازه مطالعه و بررسی سیگنال x(t) در اطراف زمان b را می‌دهد. می‌توان از مفهوم تبدیل موجک برای بررسی ارتباط بین دو سری زمانی مختلف مربوط به دو فرایند هیدرولوژیکی مجزا استفاده شود و طیف موجک بین دو سیگنال مختلف هیدرولوژیکی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$W_{XY}(a,b) = C_{\psi}^{X}(a,b) C_{\psi}^{*Y}(a,b) \qquad [۲]$$

که $C_{\psi}^{X}(a,b)$ و $C_{\psi}^{*Y}(a,b)$ به ترتیب ضرایب موجک سیگنال پیوسته x(t) و مختلط ضریب موجک y(t) می‌باشد. برای بیان ارتباط موجود بین دو فرایند، می‌توان از آنالیز ارتباط موجکی هم استفاده کرد (نورانی و همکاران۲۰۱۶) که با استفاده از تخمین هموار طیف موجک تعریف می‌شود:

$$SW_{XX}(a,b) = \int_{t-\delta/2}^{t+\delta/2} W_{XX}^{*}(a,b) W_{XX}(a,b) da db \qquad [۳]$$

$$SW_{XY}(a,b) = \int_{t-\delta/2}^{t+\delta/2} W_{XX}^{*}(a,b) W_{YY}(a,b) da db \qquad [۴]$$

درنهایت معیار ارتباط موجکی نیز می‌تواند مشابه ارتباط فوریه به صورت زیرتعریف می‌شود:

$$WC(a,b) = \frac{\left|SW_{XY(a,b)}\right|}{\sqrt{\left|SW_{XX}(a,b)\right| . \left|SW_{YY}(a,b)\right|}} \qquad [۵]$$

به طور کلی آنالیز ارتباط موجکی نوسانات فرکانسی قوی و ضعیف هر مجموعه داده‌ای را آشکار و توانایی تشخیص نوسانات مشترک ضعیف یا قوی بین این دو سری زمانی را افزایش می‌دهد. برای استفاده از ابزار ارتباط موجکی از روش کدنویسی دستی در محیط نرم افزاری متلب برای بیان کامل‌تر ارتباط بین سری زمانی هریک از پارامترهای هیدرولوژیکی و سری زمانی نوسانات سطح آب استفاده شده است.

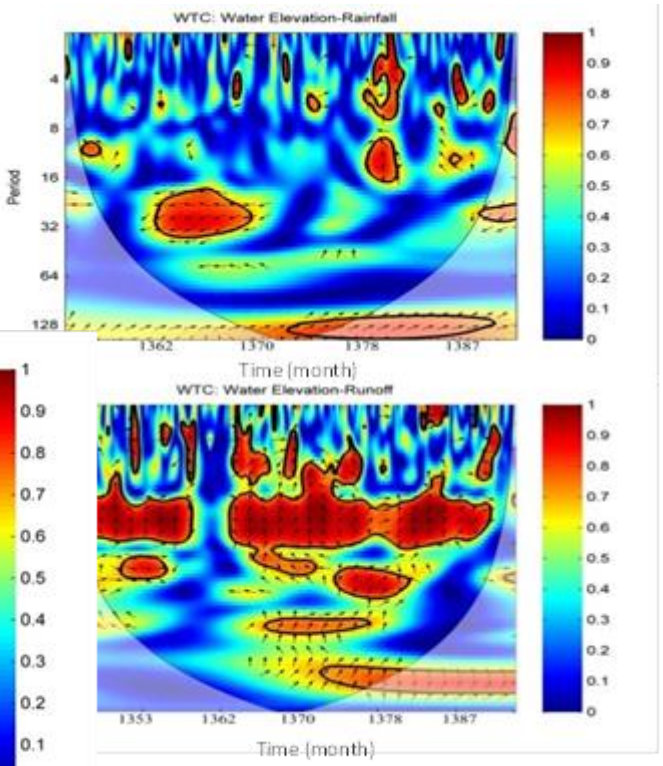
نتایج و بحث

تبدیل موجک، روش قدرتمندی برای بررسی ارتباط موجود بین دو سری زمانی می‌باشند که به طورکلی در نمودار ارتباط تبدیل موجکی، معنی‌داری آماری در سطح ۵٪ با مناطق با خطوط ضخیم سیاه رنگ نمایش داده می‌شوند همچنین مخروط نفوذ نیز مناطقی از طیف موجک را نشان می‌دهد که تاثیر لبه‌ها می‌توانند نادیده گرفته شوند. فلذا برای یافتن همبستگی داده‌های هیدرولوژیکی با نوسانات سطح آب از معیار ارتباط موجکی استفاده می‌شود که سهم هریک از آنها در نوسانات سطح آب مشخص شود.

ارتباط موجکی بارش- رواناب با نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه، حوضه سیمینه رود

تحلیل موجکی بین سری‌های زمانی بارش – رواناب با نوسانات سطح آب دریاچه انجام شد. پارامتر بارش در دوره‌های تناوب ۳۸- ۱۸ ماه و ۱۸- ۹ ماه به ترتیب از ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۹ و از ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱همبستگی نسبتا بالایی با نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه دارد. علاوه بر پارامتر بارش، تاثیر پارامتر هیدرولوژیکی رواناب در دوره‌های تناوب ۱۶- ٤ ماه بین سال‌های آبی ۱۳۵۸ - ۱۳٤٦ و ۱۸ – ٤ ماه از ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ در شکل۱ مشخص است. همچنین بین پارامتر رواناب و نوسانات سطح آب در دوره تناوب ۲۸- ۱۹ ماه و ۳۸- ۲۲ ماه به ترتیب بین ۱۳۵۰ تا ۱۳۵۵ و ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۱ ارتباط موثری وجود دارد. پارامتر هیدرولوژیکی رواناب در ابتدای بازه زمانی مورد بررسی دارای دوره تناوب ٦۰- ٤ ماه بوده است که از سال ۱۳۶۳ این دوره تناوب بزرگتر شده و به ۱۸-٤ ماه رسیده است. همچنین از اواسط دهه ٦۰ تاثیر پارامتر رواناب در دوره‌های تناوب بزرگتر شروع می‌شود که بیانگر کاهش نوسانات ریز پارامتر رواناب و افزایش طول دوره‌های تناوب می‌باشد

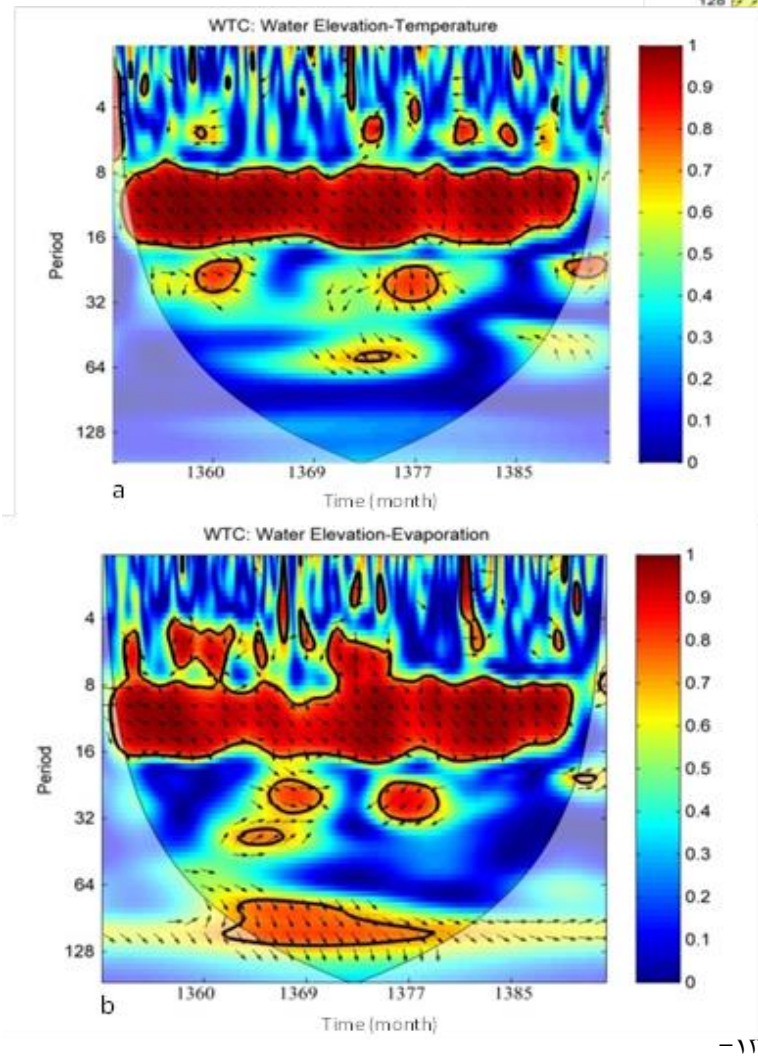
و تاییدی بر تاثیر بیشتر پارامتر رواناب در کاهش نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه می‌باشد.



شکل۱- ارتباط تبدیل موجکی بین a) بارش، b) رواناب و نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه.

ارتباط موجکی دما - تبخیر با نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه، حوضه سیمینه رود

ارتباط موجکی بین سری زمانی دما و تبخیر با تراز آبی دریاچه نشان می‌دهد پارامتر دما در باند فرکانسی ۸ ماه بین سال‌های ۱۳۹۰- ۱۳۵۳ ۰ و پارامتر تبخیر در فرکانسی ۱۶ – ۸ ماه بین سال‌های ۱۳۹۰ – ۱۳۵۳ و ماه بین سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۵۷ و ۱۳۷۶-۱۳۷۰ روی تغییرات سطح آب موثراند. همچنین پارامتر دما در دوره تناوب ماه نیز بین سال‌های ۱۳۷٤-۱۳۷۳، ۱۳۸۱-۱۳۸۰ و ۱۳۸۵-۱۳۸٤، با نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه همبسته می‌باشند. نوسانات دما در بازههای زمانی مورد مطالعه تغییرات جزئی داشته به طوری که این تغییرات جزئی نقش اندکی در کاهش شدید نوسانات تراز آب دریاچه ارومیه ایفا می‌کند. نتایج حاصل از ارتباط موجکی و تاثیر پارامتر هیدروکلیماتولوژیکی دما با محدوده ۱-۰/۹ روی نوسانات سطح دریاچه بیانگر این است که تاثیر پارامتر دما و به تبع آن پارامتر تبخیر در دوره قبل از کاهش تراز آب سطح دریاچه ارومیه و بعد از آن تغییر چندانی نکرده و نه به عنوان عوامل اصلی اما روی کاهش نوسانات سطح آب موثراند. می‌توان به این نکته اشاره کرد که بازه دوره‌های تناوب موثر مربوط به پارامتر تبخیر بر نوسانات سطح دریاچه به دلیل کاهش عمق آن، رفته رفته رو به کاهش گذاشته و به عبارت بهتر منجر به افزایش تبخیر از سطح دریاچه شده است.

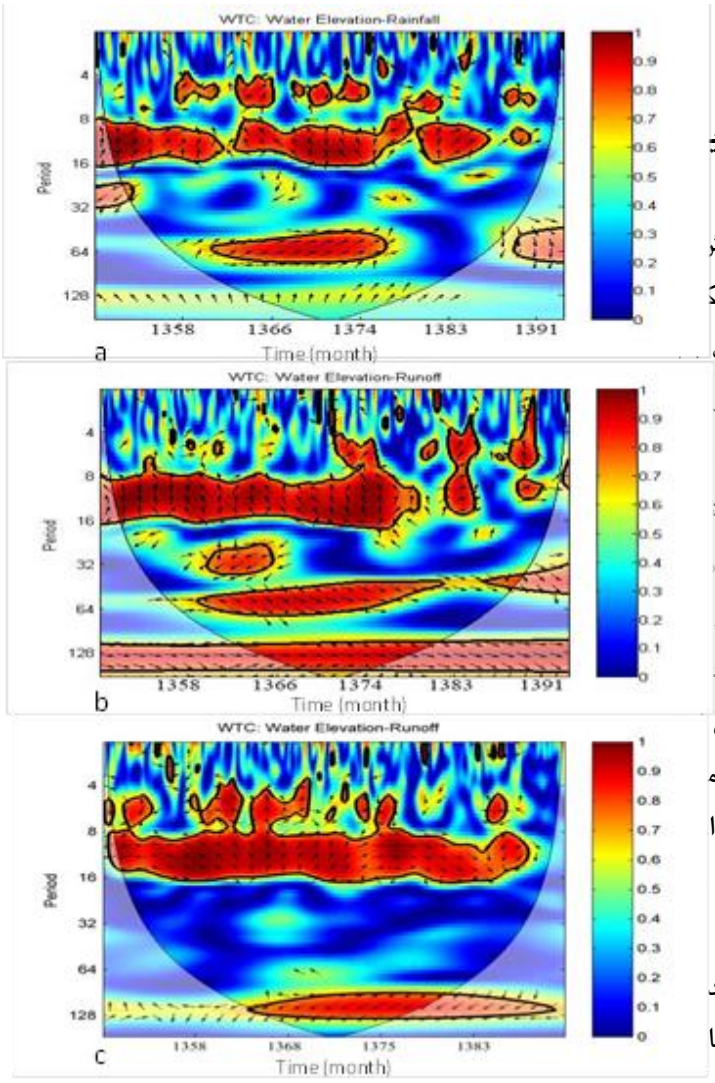


شکل ۲- ارتباط تبدیل موجکی بین a) دما و b) تبخیر با

نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه.

ارتباط موجکی بارش - رواناب حوضه سعیدآباد رواناب حوضه آجی‌چای با نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه

آنالیز تبدیل موجک بین سری‌های زمانی بارش رواناب با نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه در شک نشان داده شده است. پارامتر بارش در دوره تناوب ۸ – ۱۶ ماه بین سال‌های ۱۳۸۷- ۱۳۵۱ و پارامتر رواناب دوره تناوب ۱۶ – ۸ ماه بین سال‌های آبی ۱۳۸۰ – ۱ دارای تاثیر بیشتری روی نوسانات سطح آب می‌باش در باند فرکانسی ۸۰ – ٤٦ ماه نتیجه مشابهی برای با در سال‌های ۱۳۷۸ – ۱۳٦۱ به دست آمده و خارج از دوره‌های تناوب ارتباط نسبتاً پایینی مشاهده می‌شود نشان دهنده وجود نوسانات ریز و کمرنگ بودن نقش پارامتر هیدرولوژیکی روی کاهش سطح آب دریاچه م باشد. نتیجه مشابهی برای پارامتر رواناب حوضه آ چای نیز گرفته شده که در باند فرکانسی ۱٦ – ۸ ماه سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۵۱ بیانگر تاثیر زیاد رواناب در دوره تناوب روی نوسانات در سال‌های اخیر می‌باشد سال ۱۳٦۰ ،تاثیر پارامتر رواناب در دوره‌های تنا بزرگتری روی نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود که ناشی از عدم وجود نوسانات ریز و تاثیر این پارامتر هیدرولوژیکی روی دوره‌های تناوب بلندمدت بر نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه می‌باشد که نشان دهنده مرتبط بودن تاثیر این پارامتر بر روی کاهش تراز آب و در نتیجه کاهش نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه می‌باشد.

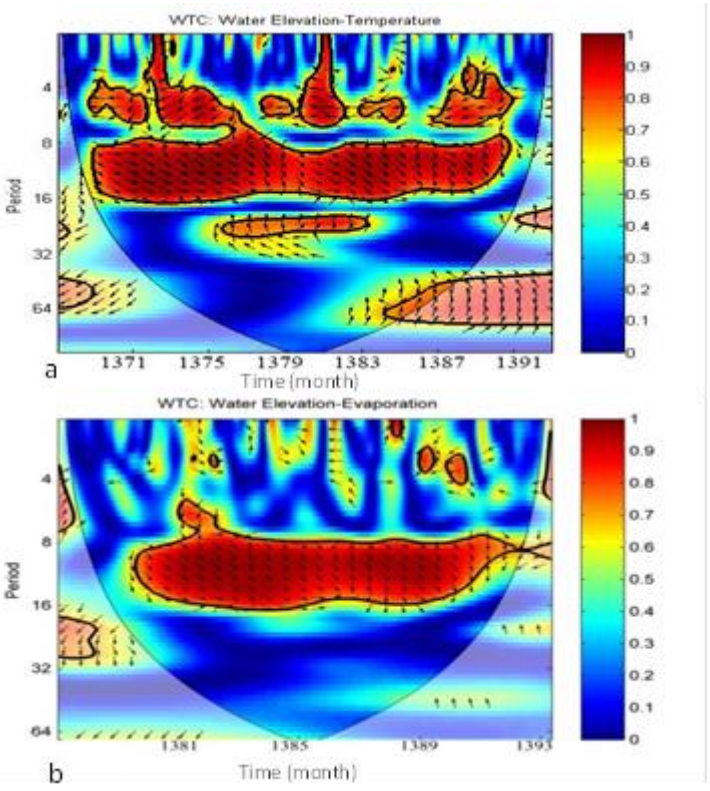


شکل۳- ارتباط تبدیل موجکی بین a) بارش و b) رواناب سعیدآباد، c) رواناب آجی چای با نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه.

ارتباط موجکی دما - تبخیر با نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه، حوضه لیقوان چای

تحلیل موجک بین سری زمانی پارامترهای هیدرولوژیکی دما و تبخیر با تراز آبی دریاچه در شکل٤ آورده شده است که مقیاس این سری‌های زمانی به دلیل عدم وجود داده‌های بلند مدت دما و رطوبت نسبی کوتاه‌تر می‌باشد) و نشان می‌دهد پارامتر دما در باند فرکانسی ۱٦ – ۸ ماه بین سال‌های ۱۳۹۲ – ۱۳٦۹ و پارامتر تبخیر در باند فرکانسی ۱٦ – ۸ ماه بین سال‌های ۱۳۹۲ –

۱۳۷۹ روی نوسانات سطح آب دریاچه موثراند و خارج از این محدوده ارتباط چندانی بین این پارامتر هیدروکلیماتولوژیکی و تغییر تراز آب دیده نمی‌شود. می‌توان گفت تاثیر پارامتر هیدروکلیماتولوژیکی تبخیر روی نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه نسبت به سایر پارامترها، کمتر می‌باشد. هم سو بودن جهت بردارها نشان دهنده هم فاز بودن تغییرات دما- تبخیر و نوسانات سطح آب دریاچه و بیانگر تاخیر زمانی در این تاثیر روی تراز آبی دریاچه می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت تاثیر پارامتر دما و به تبع آن تاثیر پارامتر تبخیر روی نوسانات سطح آب در مقایسه با پارامتر رواناب کم اما غیر قابل انکاراست.



شکل۴ - ارتباط تبدیل موجکی بین a) دما، b) تبخیر با نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه.

به طور کلی با استفاده از نتایج به دست آمده از ایستگاه‌های هیدرومتری سعیدآباد، دبی سنجی ونیار، تبخیرسنجی لیقوان و ایستگاه تازه کند میاندوآب میزان تاثیر نوسانات پارامتر هیدرولوژیکی رواناب با ارتباط موجکی ۱-۰/۹ روی نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه درهریک از بازه‌های زمانی ایستگاه‌های مطالعاتی مقدار قابل توجهی است. به عبارت بهتر در دهه ۱۳۵۰، پارامتر رواناب یک روند یکسان با دوره‌های تناوب تقریبا ثابتی طی کرده است اما از اوایل دهه ۱۳٦۰، تاثیر پارامتر رواناب به دوره‌های تناوب بزرگتری کشیده می‌شود. درحقیقت با کاهش نوسانات پارامتر رواناب، دوره تناوب افزایش و پیچیدگی کاهش پیدا کرده است. با توجه به نتایج حاصل از بررسی ایستگاه‌های اطراف دریاچه ارومیه و تفکیک سهم هریک از پارامترهای هیدرولوژیکی در غرب و شرق دریاچه، طبق جدول۲، دربین پارامترهای هیدرولوژیکی بارش، رواناب، دما و تبخیر پارامتر رواناب به میزان۲۳/٤۱٪ در حوضه سعیدآباد، به میزان۲۸/۱۳٪ در حوضه ونیار و به میزان ۳۷/۵۷٪ در حوضه سیمینه رود روی نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه موثر بوده‌اند و با توجه به بزرگ شدن دوره تناوب در بازه زمانی۱۳۸۰-۱۳۵۵، می‌توان گفت که پارامتر رواناب منجر به کاهش نوسانات ریز سطح آب و در نتیجه کاهش تراز آب دریاچه شده است که جهت پیکان‌ها در این دوره تناوب نیز تاییدی بر این است که تغییرات سری زمانی رواناب در بازه زمانی مورد نظر همخوانی بیشتر و قابل ملاحظه‌تری روی نوسانات تراز آبی دریاچه ارومیه دارد.

جدول ۲- مقایسه تاثیر پارامترهای هیدروکلیماتولوژیکی روی نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه.

پارامتر	حوضه	دوره تناوب	درصد تاثیر
بارش	سیمینه رود	۱۸-۳۸ ماه	۲۳٪/۱۳
بارش	سعیدآباد	۸-۱۶ ماه	۸٪/۲۲
رواناب	سیمینه رود	٤-۱۸ ماه	۳۷٪/۵۷
رواناب	سعیدآباد	۸-۱۶ ماه	۲۳٪/٤۱
رواناب	آجی چای	۸-۱۶ ماه	۲۸٪/۱۳
دما	سیمینه رود	۸-۱۶ ماه	۲۲٪/۵۷
دما	لیقوان چای	۸-۱۶ماه	۱۹٪/۹
تبخیر	سیمینه رود	۸-۱۶ ماه	۳۱٪/٦۳
تبخیر	لیقوان چای	۸-۱۶ ماه	۵٪/٤۰

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش ارتباط موجکی بین پارامترهای هیدروکلیماتولوژیکی و نوسانات سطح آب دریاچه ارزیابی شد. کاهش تراز آب و همچنین کاهش نوسانات آن می‌تواند در اثر عوامل طبیعی نظیر تغییر پارامترهای هیدرولوژیکی بارش، دما، تبخیر و یا عوامل انسانی باشد. فتحیان و همکاران(۲۰۱٤) نیز در تحقیقات خود روی بررسی روند متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی دریاچه ارومیه گزارش کردند که تاثیر رواناب و دما روی نوسانات سطح دریاچه و هم چنین برداشت بیش از حد از منابع آب، می تواند درکاهش تراز سطح دریاچه موثر باشد. طبق نتایج حاصل از بررسی تغییرات سری-های زمانی بارش، دما، تبخیر، رطوبت نسبی و رواناب ، تغییرات موجود سری زمانی رواناب در بازه زمانی مورد نظر تاثیر مستقیم روی نوسانات تراز آبی دریاچه ارومیه دارد که ناشی از عوامل انسانی نظیر افزایش جمعیت، توسعه شهرسازی و ... می‌باشد. بنابراین نقش عوامل انسانی در کاهش تراز آب دریاچه ارومیه به مراتب بیشتر از عوامل طبیعی نظیر تغییر اقلیم بوده است. پیشنهاد می‌شود روش ارائه شده بر روی داده‌های سالانه و روزانه نیز اعمال شود تا نتایج حاصل با نتایج به دست آمده از داده‌های ماهانه مقایسه شود.هم چنین این کار را می‌توان روی ایستگاه‌های متعدد در استان‌های مجاور دریاچه ارومیه نیز انجام داد تا بتوان علاوه بر سهم پارامترهای موثر و فرکانس‌های دخیل، سهم هرکدام از استان‌ها را نیز استخراج کرد.

مراجع

Andreo B, Jiménez P, Durán JJ, Carrasco F, Vadillo I and Mangin A, 2006. Climatic and hydrological variations during the last 117–166 years in the south of the Iberian Peninsula, from spectral and correlation analyses and continuous wavelet analyses. Journal of Hydrology 324: 24-39.

Boggess A and Narcowich FJ, 2001. A first course in wavelets with Fourier analysis: Prentice Hall, New York.

Delju AH, Ceylan A, Piguet E and Rebetez M, 2013. Observed climate variability and change in Urmia Lake basin, Iran. Theoretical and Applied Climatology 111 : 285- 296.

Ebrahimi E, 2015. Assessing Sustainability of Ecological Restoration Plans under Climate Change by Using System Dynamics; Application on Urmia Lake, Iran. University of Tabriz. Faculty of Civil Engineering.

Fathian F, Morid S and Kahya E, 2014. Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran. Theoretical and Applied Climatology 10.1007/s00704.

Grossmann A and Morlet J, 1984. Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape. Society for Industrial and Applied Mathematics.

Jalili Sh, Morid S, Livingston D, Namdar R, 2012. A Comparative Analysis of the Lake Urmia and the Lake Van Water Level Time Series. Iranian Journal of Soil and Water Research.43: 95-101.

Kahya E and Kalaycı S, 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. Journal of Hydrology 289 :128-144.

Kendall MG, 1975. Rank correlation methods. Charles Griffin: London.

MahsaFar H, Maknon R, Saghafian B, 2011. The Impact of Climate Change on Urmia Lake Water Level. Iran Water Resource Research. 7: 47-58.

Mann HB, 1945. Nonparametric tests against trend. Econometrica 13:245–259.

Mishra AK and Singh. VP, 2010. A review of drought concepts. Journal of Hydrology 391: 202-216.

Ng EKW and Chan JCL, 2012. Interannual variations of tropical cyclone activity over the north Indian Ocean. International Journal of Climatology 32: 819-830.

Nourani V, Alami MT and Daneshvar Vousoughi F, 2016.The hybrid of SOM clustering method and wavelet-ANFIS approach to

model and infill missing groundwater level data. Journal of Hydrology. Eg:Just Released.10.1061/ (ASCE)HE.1943-5584.0001398.

Nourani V, Nezamdoost N, Samadi M and Daneshvar Vousoughi F, 2015. Wavelet based trend analysis of hydrological processes at different timescales. Journal of Water and Climate Change 6:414-435.

Nourani V, Ranjbar S, Tootoonchi F, 2015. Change Detection of Hydrological Processes Using Wavelet Entropy Complexity Measure Case Study: Urmia Lake. Journal of Civil and Environmental.45: 75-86.

Nourani V and Zanardo S, 2014. Wavelet-based regularization of the extracted topographic index from high-resolution topography for hydro-geomorphic applications. Hydrological Processes 28:1345-1357.

Partal T and Kisi O, 2007. Wavelet and neuro-fuzzy conjunction model for precipitation forecasting. Journal of Hydrology 342:199 – 212.

Walnut DF, 2002. An introduction to wavelet analysis: Birkhauser, Basel, Switzerand.