فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سی و دوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶، شماره پیاپی ۱۲۵

دکتر مجتبی ذوالجودی، استادیار پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
مهندس بهرام صناعی، مشاور و مدیر بخش ارتباط با صنعت پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
دکتر پروین غفاریان، استادیار پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی

Dr. M. Zoljoodi
B. Sanaei
Dr. P. Ghaffarian
m.zoljoodi@yahoo.com

بررسی ارتباط بین دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه با الگوی پیوند از دور نوسان اطلس شمالی

دریافت مقاله:۹۵/۱۱/۴ پذیرش نهایی:۹۶/۳/۱۵

چکیده

در تحقیق حاضر به بررسی تغییرات درازمدت بارندگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در ارتباط با نمایه اقلیمی نوسان اقیانوس اطلس شمالی (نائو) پرداخته‌شده است. روش‌های آماری نظیر همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی، واریانس، انحراف از معیار، تست همگونی در این خصوص به‌کاربرده شده و در مرحله بعد نیز، بی‌هنجاری عناصر دینامیکی و ترمودینامیکی در سطوح مختلف جوی شامل ارتفاع ژئوپتانسیل (در ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال)، فشار سطح دریا و سرعت باد (در ارتفاع ۳۰۰ هکتوپاسکال) مورد بررسی قرارگرفته‌اند. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل آماری نشان داده‌اند که بین فازهای نائو و تغییرات بارندگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی فصل زمستان (ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه) یک رابطه معکوس می‌توان متصور شد، به‌طوری‌که همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی به ترتیب نشان‌دهنده ضرایب ۰/۳۷- و ۰/۱۳- هستند و تست همگونی نیز تائید کننده این ارتباط معکوس می‌باشد. بعلاوه حدود ۶۹٪ از کل رخدادها بیانگر وقوع هم‌زمانی فاز منفی نائو بازمستان پربارش و فاز مثبت این شاخص اقلیمی بازمستان کم بارش در منطقه بوده است. بررسی الگوهای حاکم اتمسفری در دوره پربارشی (زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷) بر روی منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد که عنصر ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تا حدود ۲۰ متر افزایش داشته است. فشار سطح دریا نیز بین ۱- تا ۲- هکتوپاسکال کاهش نشان می‌دهد و سرعت باد در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال حدود ۱۰ متر بر ثانیه افزایش داشته که همراه با اغتشاشات و ناپایداری‌هایی بوده است. از سوی دیگر، در دوره کم‌بارشی (زمستان ۱۹۸۸-۱۹۸۹) شاهد کاهش عنصر ارتفاع ژئوپتانسیل تا حدود ۲۰- متر هستیم. فشار سطح دریا نیز تا حدود ۴+ هکتوپاسکال افزایش نشان داده است و عنصر سرعت باد کاهشی حدود ۴- متر بر ثانیه داشته است.

واژگان کلیدی: حوضه آبریز دریاچه ارومیه، تغییرات بارش، شاخص نوسان اقیانوس اطلس شمالی، الگوهای جوی حاکم

مقدمه

دریاچه ارومیه دومین دریاچه بزرگ فوق شور جهان می‌باشد که در شمال غرب ایران در حوضه بسته‌ای با عرض جغرافیایی '۴ ° ۳۷ تا '۱۷ °۳۸ شمالی و طول جغرافیایی '۴۵ °۴۶ شرقی قرارگرفته است. مساحت این دریاچه به‌طور میانگین حدود ۵۷۰۰ کیلومترمربع برآورد شده است (Alipour,2006) حوضه آبریز دریاچه ارومیه دارای اقلیم نیمه‌خشک با میانگین سالانه بارش حدود ۳۴۱ میلی‌متر و تبخیر حدود ۱۲۰۰ میلی‌متر در سال است. میانگین دمای سالانه این حوضه آبریز نیز به حدود ۱۱/۲ درجه سانتی‌گراد

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

می‌رسد (Jamali et al,2008). سطح آب دریاچه ارومیه طی ۱۵ سال (تا سال ۲۰۱۰) بیش از ۶ متر کاهش‌یافته و مساحت بستر آن از ۶۱۰۰ به ۴۷۵۰ کیلومترمربع رسیده است (جلیلی،۱۳۹۰). تغییرات دوره‌ای فرا سنج‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی که منجر به تغییرات وسیع اقلیمی و خشکسالی‌های گسترده در جهان و همچنین ایران شده است به نظر می‌رسد تأثیر قابل‌توجهی در بحران آبی اخیر این دریاچه ارزشمند داشته باشند (Zoljoodi, Didehvar, 2014). برخی محققان دریافته‌اند که تراز آب دریاچه ارومیه از دوره‌های گذشته مدام در حال تغییر بوده است، هرچند توافقی بین صاحب‌نظران در خصوص روند و شدت این تغییرات وجود ندارد. به‌عنوان‌مثال جبارلوی شبستری در سال ۱۳۸۰، طی یک تحقیقی دریافت که حدود ۱۰ تا ۵ هزار سال پیش‌تر از آب دریاچه ارومیه حتی به کمتر از میزان کنونی رسیده بوده است. طی دهه‌های اخیر سطح آب این دریاچه عمدتاً به خاطر بهره‌برداری بیش‌ازحد از رودخانه‌های بالادست حوضه و خشکسالی‌های مداوم به‌طور قابل‌توجهی افت کرده است (Eimanifar, Mohebbi, 2007, Hassanzadeh et al,2011) به‌طورکلی دلایلی مختلف برای بحران آبی دریاچه ارومیه ارائه شده که از جمله مهم‌ترین آن‌ها تغییرات درروند فرا سنج‌های آب-اقلیم شناختی حوضه، فعالیت‌های انسانی (مانند توسعه کشاورزی، اجرای پروژه‌های عمرانی و بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع آب منطقه) و عدم مدیریت صحیح منابع آب در حوضه می‌باشد. (Golabian, 2011, Zarghami,2011, Hassanzadeh et al, 2012). سیما و تجریشی در سال ۲۰۱۳ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دریافتند که مساحت دریاچه حدود ۲۲۰۰ کیلومترمربع و حجم آب آن نیز حدود ۳۳ کیلومترمکعب در مقایسه با دوره‌های گذشته کاهش نشان داده است. ذوالجودی و دیده‌ور در سال ۲۰۱۴ تحقیقی در خصوص نوسان تراز آب دریاچه ارومیه در ارتباط با تغییرات درازمدت فراسنج‌های اقلیمی انجام دادند که نتایج به‌دست‌آمده حاکی از این واقعیت است که روند کاهشی تراز آب دریاچه مخصوصاً طی دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۰ بسیار شدیدتر از روند افزایشی دما و کاهشی بارش در حوضه آبریز آن بوده است؛ بنابراین به نظر می‌رسد برخی عوامل انسانی به‌عنوان عوامل تشدیدکننده و مکمل در کاهش سطح آب دریاچه ارومیه نقش داشته‌اند. فتحیان و همکاران در سال ۲۰۱۴ نشان دادند که تغییرات دما با جریان روان آب‌ها در حوضه دریاچه ارومیه نسبت به بارش ارتباط معنی‌دارتری دارند. به‌طور کلی به نظر می‌رسد کاهش تراز آب دریاچه با افزایش دما در حوضه (تبخیر و تعرق بیشتر) و بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع آبی، ارتباط بیشتری دارد.

جهت درک صحیح تغییرات بارش و دما و روند آن‌ها طی دوره‌ای معین در منطقه خاص جغرافیایی توصیه می‌شود که شاخص‌های اقلیمی بزرگ‌مقیاس (مطالعه دور پیوندی) در نظر گرفته شود. در این تحقیق شاخص اقلیمی نائو در ارتباط با تغییرات بارش در شمال غرب ایران (با تمرکز بر روی حوضه دریاچه ارومیه) مورد تحلیل آماری قرارگرفته است. نائو در نتیجه نوسانات حرارتی بین پرفشار جنب حاره و کم‌فشار قطبی است که مراکز فعالیت آن در ریکیاوک و استکهلم (مرکز کم‌فشار جنب قطبی) و پونتادلگادا در آزوروس تا لیسبون و گیبرالتار در شبه‌جزیره ایبری (مرکز پرفشار جنب حاره) واقع‌شده است (مارشال و کوشنیر[1]، ۲۰۰۱). اختلاف فشار بیش از ۱۵ هکتو پاسکال در بین دو مرکز یادشده، فازهای منفی و مثبت را به وجود می‌آورند. هنگامی‌که نائو در فاز مثبت قرار دارد، پرفشار جنب حاره به‌طور غیرعادی قوی‌تر می‌شود در حالی که مرکز کم‌فشار جنب قطبی (ایسلند) عمیق‌تر می‌گردد. فاز مثبت نائو با بادهای غربی قوی‌تر در عرض‌های میانی، زمستان‌های گرم و مرطوب در اروپای شمالی (سینتیا[2]، ۲۰۰۳) زمستان‌های خشک در جنوب اروپا و حوضه مدیترانه، زمستان‌های سرد و خشک شمال کانادا و غرب گرینلند و شرایط اقلیمی معتدل و مرطوب در شرق آمریکا ارتباط دارد. در فاز منفی، عکس موارد فوق اتفاق می‌افتد (آرکین و ماریوتی[3]، ۲۰۰۷). مارشال[4] (۲۰۰۱) و مارس و

[1] Marshall and Kushnir
[2] Cinita
[3] Arkin and Mariotti
[4] Marshall

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

همکاران[1] (۲۰۰۲)، نشان دادند که ارتباطی بین تغییرات نائو و بارش در اروپا و حوضه آبریز دریای مدیترانه وجود دارد، همچنین این شاخص اقلیمی تغییرات رطوبتی تابستانه در اروپا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لوپز-مورنو و همکاران[2] (۲۰۰۷) تأثیر فازهای زمستانی نائو بر روی منابع آبی در منطقه اسپانیایی حوضه رودخانه تاگوس[3] را مورد مطالعه قراردادند که نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده تأثیر بلافاصله این شاخص در تغییرات بارشی منطقه بوده، اگرچه این تأثیر بر روی دبی رودخانه و ذخایر آبی حوضه با تأخیر همراه بوده است. همین‌طور لوپز-مورنو و وینسنت-سرانو[4] (۲۰۰۸)، دوره‌های خشک‌سالی را با استفاده از شاخص بارش استانداردشده در مقیاس-های زمانی مختلف برای اروپا مورد بررسی قراردادند. آن‌ها دریافتند که خشکسالی‌ها به‌طور مکانی با فازهای مختلف نائوارتباط دارند. کالن و دومنوکال[5] (۲۰۰۰) تأثیر نوسان اقیانوس اطلس شمالی بر دبی رودخانه‌های حوضه آبریز دجله-فرات را مورد بررسی قراردادند. کارابورک و همکاران[6] (۲۰۰۵) ارتباط بین شاخص نائو و متغیرهای مختلف اقلیمی، هیدرولوژیکی و بارش در ترکیه را تأیید نموده‌اند.

در ایران نیز دزفولی[7] و همکاران (۲۰۱۰)، تحقیقی در خصوص ارتباط خشکسالی‌های هواشناسی منطقه‌ای با شاخص‌های نوسان جنوبی و نائو در جنوب غرب ایران انجام دادند. یافته‌های این تحقیق نشان‌دهنده تأثیرپذیری منطقه مطالعاتی از شاخص‌های فوق در فصول پربارش بوده است. در ضمن ارتباط معنی‌دار منفی بین بارش پاییزه منطقه مطالعاتی و شاخص نوسان جنوبی طی ماه‌های ژوئن، ژوئیه و آگوست وجود داشته است؛ و همچنین شاخص نائو نیز ارتباط منفی با بارش فصل پاییز در منطقه جنوب غرب کشور را نشان می‌دهد. خورشید دوست و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از داده‌های مربوط به شاخص نوسانات فشار سطحی در اقیانوس اطلس شمالی و بارش سالانه در یک دوره‌ی آماری ۴۳ ساله برای ایستگاه‌هایی از حوضه آبریز دریاچه ارومیه، دریافته‌اند که بین بارش سالانه ایستگاه‌های این حوضه و شاخص نائو همبستگی منفی ضعیف اما معنی‌داری به‌ویژه در ترسالی‌ها و خشکسالی‌های فراگیر وجود داشته است. همچنین برومند صلاحی و همکاران (۱۳۸۶) نیز با انجام تحقیقی با استفاده از داده‌های بارش ایستگاه‌های تبریز، اهر و جلفا به همراه داده‌های نائو به نتایج مشابهی دست‌یافته و مطالعه انجام‌گرفته توسط خورشید دوست و همکاران را کاملاً مورد تأیید قرار داده‌اند. خورشید دوست و قویدل (۱۳۸۷) با تحلیل رابطه بارش‌های ماهانه ایستگاه اهر با الگوهای پیوند از دور به این نتیجه رسیدند که بارش‌های پاییزی این ایستگاه با فاز النینو از روند افزایشی (ترسالی) و با فاز لانینا از روند کاهشی (خشکسالی) برخوردار بوده است. این در حالی ست که رابطه بارش زمستانی در این ایستگاه نیز با الگوی نائو معنی‌دار بوده است به‌نحوی‌که در فاز منفی نائو به علت کثرت سیکلون‌های واردشده به منطقه، بارش ایستگاه اهر افزایش و در فاز مثبت به علت غلبه آنتی سیکلونی پرفشارآزور بارش کاهش می‌یابد. اسفندیاری[8] و همکاران (۱۳۸۸)، به تحلیلی آماری از وضعیت روزهای برفی شهرستان تبریز و ارتباط آن با شاخص نائو پرداختند. آن‌ها نشان دادند که در مقیاس زمانی ماهانه، ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس از بیشترین فراوانی روزهای برفی برخوردار بوده‌اند و در ضمن با توجه به میزان همبستگی معنی‌دار (حدود ۳۳٪) بین آنومالی بارش سالانه ایستگاه تبریز و شاخص نائو نتیجه‌گیری کردند که این ارتباط در مقیاس سالانه چندان مستقیم نبوده است. این در حالی است که بررسی‌های فصلی نشان‌دهنده ارتباط قابل‌توجه شاخص نائو با بارش ایستگاه تبریز در فصل زمستان بوده، به‌طوری‌که این پدیده نائو در فصل سرد سال معمولاً از

[1].Mares et al.
[2]López- Moreno et al.
[3] Tagus
[4]López-Moreno and Vicente-Serrano
[5]Cullen and deMenocal
[6]Karabörk et al.
[7] Dezfuli et al
[8] Eimanifari et al

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

بیشترین شدت فعالیت برخوردار می‌باشد، اما در فصول دیگر سال، منطقه مورد مطالعه (شمال غرب کشور) از آن‌جایی که تحت تأثیر دیگر الگوهای جوی قرار می‌گیرد ازنظر بارشی ارتباط معنی‌داری با نائو به دست نمی‌دهد.

صلاحی و حاجی‌زاده (۱۳۹۲)، به تحلیل ارتباط نائو و شاخص‌های دمای سطحی اقیانوس اطلس با تغییرپذیری بارش و دمای استان لرستان پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص نائو در ماه‌های سرد سال دارای همبستگی بیشتری با بارش و دما بوده است. حسین طبری[1] و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر نائو بر روان آب‌ها در غرب ایران را بررسی کردند. نتایج نشان دادند که روان آب‌های منطقه با تأخیر ۲-۳ فصلی به فازهای نائو واکنش نشان داده‌اند. در این تحقیق بیشترین ضریب همبستگی اسپیرمن۲ (با حدود ۰/۳۸) بین نائو بهاری و سری داده‌های رواناب فصل پاییز در ایستگاه تقسیم آب به دست آمد. همچنین حدود ۱۴ درصد از واریانس سری داده‌های رواناب با شاخص نائو همراهی داشته‌اند. حسین طبری و همکاران (۲۰۱۴)، همچنین تأثیر احتمالی شاخص نائو بر تبخیر و تعرق در ایران را موردتحقیق و بررسی قراردادند. با توجه به نتایج، تحلیل همبستگی هم‌زمان (مستقیم) و تأخیری (میانگین متحرک) نشان داده است که سری داده‌های تبخیر و تعرق زمستانی در ایران همبستگی منفی با شاخص نائو در اکثر ایستگاه‌ها داشته. ازآنجایی‌که شاخص نائو در زمستان قوی‌تر است، بیشتر مطالعات پیشین بر روی بررسی چگونگی تأثیر این شاخص بر متغیرهای اقلیمی در فصل زمستان متمرکز می‌باشد (Sun, Wang, 2012:45).

با توجه به بحران آبی دریاچه ارومیه در سال‌های اخیر و نقش عناصر اقلیمی در تشدید آن، تحقیق حاضر در پی پاسخ به فرضیه تأثیر عامل اقلیم (در اینجا تغییرات عنصر بارش) بر کاهش تراز آب دریاچه ارومیه و گسترش خشکسالی در این حوضه آبریز است. در این خصوص در مرحله اول به بررسی ارتباط بین شاخص نائو و تغییرات بارندگی در شمال غرب ایران طی فصل زمستان (شامل ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه) از طریق تحلیل‌های آماری پرداخته است. در مرحله بعد برای تبیین سازوکار الگوهای جوی حاکم، طی دو دوره نمونه خشکسالی و ترسالی در منطقه مطالعاتی، تغییرات عناصر دینامیکی و ترمودینامیکی در سطوح مختلف جوی مورد تحلیل قرارگرفته است.

داده‌ها و روش‌ها

جدول ۱، مشخصات ۴ ایستگاه انتخابی در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. انتخاب این ایستگاه‌ها به خاطر موقعیت مناسب استقرار آن‌ها و دارا بودن داده‌های آماری بلندمدت می‌باشد. در این تحقیق، داده‌های بارش به‌صورت سری‌های ماهانه طی ۴۹ سال آماری از ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ از ایستگاه‌های هواشناسی خوی، تبریز، ارومیه و سقز تهیه گردید. داده‌ها به‌صورت سری‌های ماهانه و فصلی مرتب شدند و همین‌طور ارزش‌های میانگین در سطح حوضه محاسبه شد. سپس با استفاده از فرمول Z(فرمول ۱) ارزش‌های بارش جهت قابل‌مقایسه شدن باارزش‌های شاخص نائو استاندارد شدند.

$$Z = \frac{(x-\mu)}{Q} \qquad (۱)$$

در فرمول ۱، x نمونه موردنظر از جامعه آماری، μ میانگین جامعه و Q انحراف از معیار می‌باشند.

سری داده‌های ماهانه شاخص نوسان اقیانوس اطلس شمالی نیز طی دوره ۱۹۵۰-۲۰۱۴ نیز از طریق آدرس اینترنتی نووآ[3] بارگذاری شدند. داده‌های شاخص اقلیمی نائو بر اساس دوره پایه ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ استانداردشده است. تمام تحلیل‌های آماری برای یک دوره ۴۹ ساله از ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۹ که سری داده‌های بارش و نائو با یکدیگر هم‌پوشانی دارند، انجام شده است.

[1] Tabari et al
[2] Spearman correlation
[3] www.cpc.ncep.noaa.gov

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

در مرحله اول، همبستگی پیرسون[1] (فرمول ۲) بین سری داده‌های نائو و بارش برای فصول زمستان (دسامبر، ژانویه و فوریه: DJF)، پاییز (اکتبر و نوامبر: ON) و بهار (مارس، آوریل و می: MAM) انجام شد. از آن‌جایی که منطقه مطالعاتی در ماه‌های تابستان از بارش ناچیزی برخوردار بوده و همچنین شاخص نائو نیز تضعیف می‌شود و از قدرت کافی برخوردار نیست در تحلیل‌های آماری ماه‌های تابستان کنار گذاشته شدند.

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2(y-\bar{y})^2}} \qquad (۲)$$

که در فرمول ۲، x و y مقادیر متوسط مربوط به دو جامعه آماری نمونه می‌باشند.

جهت کمی سازی تغییرات فازهای نائو و بارش در منطقه مطالعاتی، روی فصل زمستان و ماه فوریه که ضرایب همبستگی خوبی نشان داده‌اند تمرکز شده است. تحلیل‌های آماری شامل واریانس[2] (فرمول ۳)، انحراف از معیار[3] (فرمول ۴)، تست همگونی[4] (فرمول ۵) و رگرسیون خطی[5] (فرمول ۶) می‌باشند. سپس تعداد رخدادهای هم‌زمانی بارش منفی با فاز مثبت نائو و بارش مثبت با فاز منفی این شاخص برای فصل زمستان و ماه فوریه تعیین شد.

$$\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} \qquad (۳)$$

$$\sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)}} \qquad (۴)$$

$$\frac{n\sum_{i}^{n}=1\,(xi-\bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \qquad (۵)$$

در فرمول‌های بالا، nتعداد جامعه آماری، $\bar{x}$ میانگین، x نمونه موردنظر و S انحراف استاندارد می‌باشند.

$$Y = a + bX$$

در فرمول (۶)، x متغیر موردنظر، y متغیر وابسته، b شیب‌خط و a نیز عرض از مبدأ می‌باشد.

تمام تحلیل‌های آماری در سطح اطمینان ۹۵٪ و بالاتر انجام‌شده‌اند. مرحله دوم شامل مطالعه الگوهای جوی حاکم و مقایسه آن‌ها در سال‌های کم‌بارشی و پربارشی در منطقه مطالعاتی و نواحی هم‌جوار می‌باشد. برای این تحلیل دو نمونه برای فصل زمستان (DJF) در سال‌های ۱۹۸۶-۱۹۸۷ (دوره پربارشی) و ۱۹۸۸-۱۹۸۹ (دوره کم‌بارشی) در حوضه آبریز دریاچه ارومیه انتخاب شدند که هر دو دوره به ترتیب با فازهای منفی و مثبت نائو همراه بودند.

سری داده‌های بی‌هنجاری عناصر دینامیکی و ترمودینامیکی مانند ارتفاع ژئوپتانسیل[6] (۵۰۰ هکتوپاسکال)، فشار سطح دریا[7]، سرعت و جهت باد (۳۰۰ هکتوپاسکال)، بر روی منطقه‌ای وسیع از ۰ تا ۸۰ درجه شرقی و از ۱۰ تا ۷۰ درجه شمالی از طریق درگاه اینترنتی NCEP/NCAR بارگذاری شد و سپس نقشه‌های الگوی جوی حاکم برای دو دوره کم‌بارشی و پربارشی فوق با استفاده از نرم‌افزار گرآدز (GrADS[8]) ترسیم شدند.

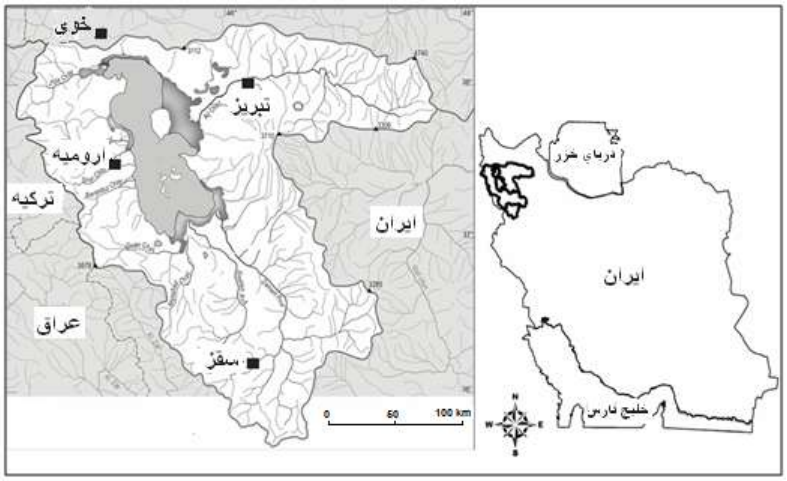
[1] Pearson correlation
[2] Variance
[3] Standard deviation
[4] SKEW-Test
[5] Linear regression
[6] Geo-potential height
[7] Sea Level Pressure
[8] Grid Analysis and Display System

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های انتخابی در منطقه مطالعاتی

ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
تبریز	۱۳۶۱	۴۶/۱۷	۳۸/۰۵
ارومیه	۹/۱۳۱۵	۴۵/۵	۳۷/۳۲
سقز	۸/۱۵۲۲	۴۶/۱۶	۳۶/۱۵
خوی	۱۱۰۳	۴۴/۵۸	۳۸/۳۳

حوضه آبریز دریاچه ارومیه با مساحتی حدود ۵۲۰۰۰ کیلومترمربع در شمال غرب ایران بین استان‌های آذربایجان شرقی و غربی قرارگرفته است. دریاچه ارومیه بزرگ‌ترین دریاچه کشور و یکی از پهنه‌های آبی فوق شور جهان محسوب می‌شود. حوضه آبریز دریاچه، شامل ۱۴ زیر حوضه اصلی است و مهم‌ترین رودخانه‌های این حوضه نیز عبارتند از زرینه‌رود، سیمینه‌رود و آجی چای. از بین ایستگاه‌های هواشناسی موجود در حوضه ۴ ایستگاه که دارای سری داده‌های بارشی درازمدت (۴۹ سال) بودند و به لحاظ موقعیت جغرافیایی به‌خوبی منطقه مطالعاتی را پوشش می‌دهند انتخاب شدند. ایستگاه‌های انتخابی شامل خوی در شمال، ارومیه در غرب، تبریز در شرق و سقز در جنوب حوضه می‌باشند (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده

یافته‌های پژوهش

تحلیل آماری

از طریق همبستگی پیرسون میزان انطباق تغییرات بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با فازهای نائو در مقیاس‌های زمانی ماهانه و فصلی مورد بررسی اولیه قرار گرفت. تحلیل همبستگی نشان می‌دهد که فصل زمستان و ماه فوریه دارای بیشترین مقدار ضرایب همبستگی به ترتیب حدود ۰/۳۷- و ۰/۲۸- می‌باشند به‌طوری‌که فصول پاییز و بهار و ماه‌های دسامبر و ژانویه ضرایب کم‌تری را نشان می‌دهند. تحلیل همبستگی به‌طور اولیه فرضیه همراهی دوره‌های کم‌بارشی و پربارشی زمستان و ماه فوریه در منطقه مطالعاتی را با فازهای مثبت و منفی نائو تأیید می‌کند. درواقع به نظر می‌رسد فصل زمستان و ماه فوریه به ترتیب با میانگین بارش حدود۳۳/۲۱ و۳۳/۵۱ میلی‌متر در مقایسه با فصول و ماه‌های دیگر سال با تغییرات شاخص نائو ارتباط بیشتری داشته باشند (جدول۲).

جدول ۲-همبستگی فصلی و ماهانه بین فازهای شاخص نائو، تغییرات و میانگین بارش

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

فصلی و ماهانه (به میلی‌متر) در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (۱۹۶۱ تا ۲۰۰۹)

همبستگی فصلی	زمستان	بهار	پاییز
	-۰/۳۷	۰/۰۸۵	۰/۱۵
همبستگی ماهانه	دسامبر	ژانویه	فوریه
	-۰/۱۴	-۰/۲۲	-۰/۲۸
میانگین فصلی بارش	زمستان	بهار	پاییز
	۳۳/۲۱	۵۲/۱۱	۳۱/۳
میانگین ماهانه بارش	دسامبر	ژانویه	فوریه
	۳۲/۴۴	۳۳/۶۹	۳۳/۵۱

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های واریانس و انحراف از معیار بیانگر این واقعیت هستند که تغییرات نائو نسبت به تغییرات بارش منطقه طی فصل زمستان و مخصوصاً ماه فوریه از نوسان بیشتری برخوردار هستند. به‌طوری‌که برای فصل زمستان و ماه فوریه به ترتیب ضرایب واریانس به‌دست‌آمده برای شاخص نائو حدود ۰/۴۹ و ۱/۱۶ است، درحالی‌که برای سری داده‌های بارش حدود ۰/۱۷ و ۰/۵۸ برآورد شده است. همچنین ضرایب انحراف استاندارد نیز برای فصل زمستان و ماه فوریه به ترتیب برای شاخص نائو حدود ۰/۷ و ۱/۰۷ و برای بارش نیز حدود ۰/۴۲ و ۰/۷۶ بوده است. در ضمن، تست همگونی نیز برای درک توزیع نرمال ارزش‌های شاخص نائو و سری داده‌های بارش انجام شده است. نتیجه به‌دست‌آمده از این تست بیان‌کننده رابطه معکوس بین بارش حوضه و شاخص نائو می‌تواند باشد به‌طوری‌که برای فصل زمستان ضرایب به‌دست‌آمده برای بارش و شاخص نائو به ترتیب حدود ۰/۰۶ و ۰/۴۵- بوده است و همچنین برای ماه فوریه نیز ضرایب بارش حدود ۰/۵۶ و شاخص نائو نیز حدود ۰/۳۱- برآورد شده است. درواقع، بارش از توزیع مثبت و شاخص نائو نیز از توزیع منفی برخوردار بوده است (جدول ۳).

جدول ۳- تحلیل آماری ارزش‌های نائو و سری داده‌های بارش در فصل زمستان و ماه فوریه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰) (با سطح اطمینان ۹۵٪)

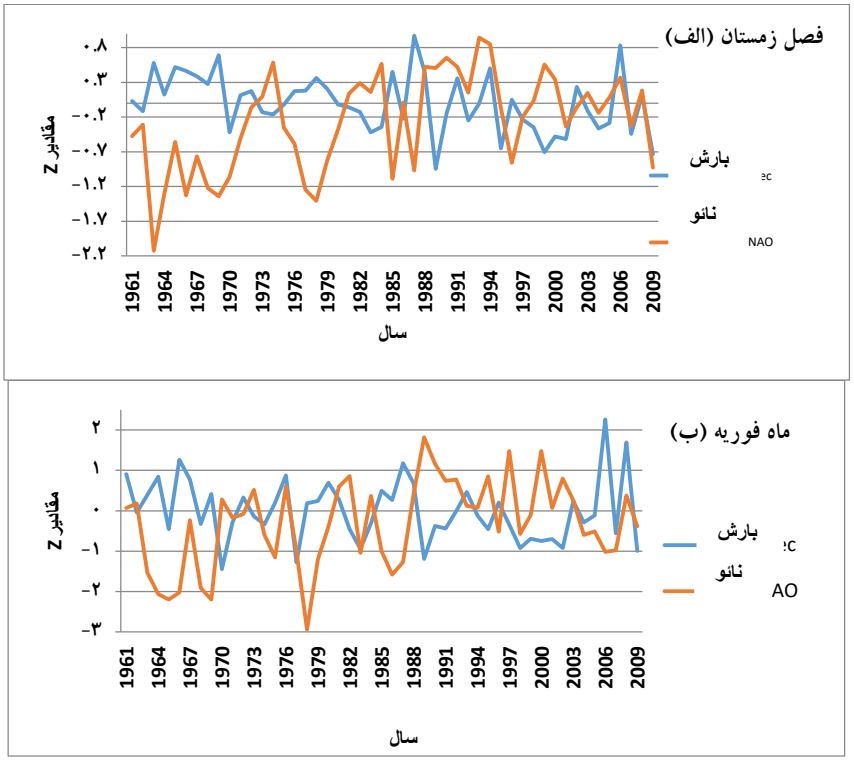
روش آماری	متغیر	فصل زمستان	ماه فوریه
واریانس	نائو	۰/۴۹	۱/۱۶
	بارش	۰/۱۷	۰/۵۸
انحراف از استاندارد	نائو	۰/۷	۱/۰۷
	بارش	۰/۴۲	۰/۷۶
تست همگونی	نائو	۰/۴۵-	۰/۳۱-
	بارش	۰/۰۶۶	۰/۵۶

شکل ۲، تغییرات بارش در منطقه مطالعاتی را به همراه ارزش‌های شاخص نائو برای فصل زمستان و ماه فوریه طی دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ نشان می‌دهد. با توجه به تغییرات این سری داده‌ها به نظر می‌رسد ارتباط معکوس بین این دو سری داده وجود داشته باشد. به‌عنوان نمونه زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷ (دوره پربارشی) و زمستان ۱۹۸۸-۱۹۸۹ (دوره کم‌بارشی) به ترتیب موارد بسیار خوبی از

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]

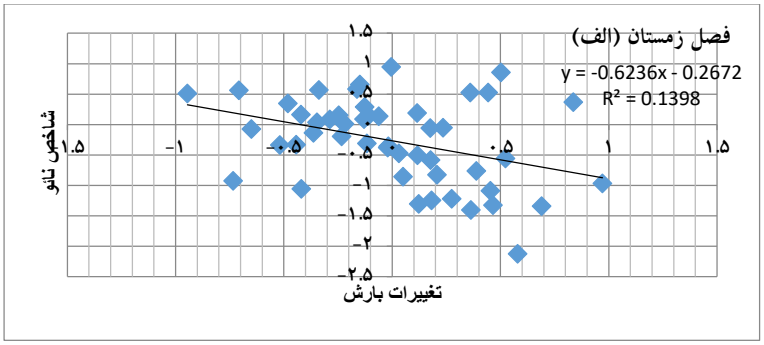
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

هم‌زمانی نائو منفی با پربارشی و نائو مثبت با کم‌بارشی در منطقه مطالعاتی هستند که در ادامه به لحاظ تحلیل الگوهای حاکم جوی مورد بررسی و مقایسه قرار خواهند گرفت. در ضمن، رگرسیون خطی نیز بین شاخص نائو، سری داده‌های بارش برای فصل زمستان و ماه فوریه انجام شد (شکل ۳). این تحلیل نیز مؤید وجود ارتباط معکوس بین تغییرات بارندگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و فازهای شاخص نائو است به‌طوری که ارزش‌های شیب‌خط به‌دست‌آمده برای فصل زمستان حدود ۰/۶۹- و برای ماه فوریه حدود ۰/۳۹- بوده است. علاوه بر این، با توجه به ضرایب تعیین (r^2) به‌دست‌آمده که حدود ۰/۱۳ برای فصل زمستان و ۰/۰۷ برای ماه فوریه بوده است، بارش فصل زمستان به‌طورکلی با شاخص نائو ارتباط معکوس معنی‌دارتری نسبت به ماه فوریه-به‌تنهایی- نشان می‌دهد. بدین معنی که طی فصل زمستان، فازهای منفی نائو با احتمال بیشتری با افزایش بارش در منطقه همراه می‌باشند و بالعکس.



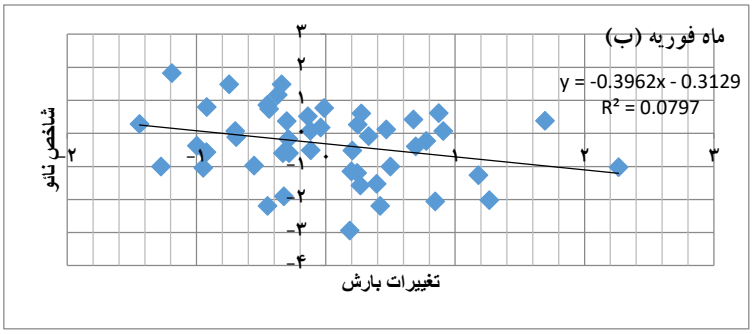
شکل ۲- فازهای شاخص نائو و تغییرات بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه،۱۹۶۱ - ۲۰۱۰

(الف) فصل زمستان (ب) ماه فوریه



[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]



شکل ۳- نمودار همبستگی خطی بین تغییرات بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و فازهای شاخص نائو، ۱۹۶۱ -۲۰۱۰(الف) فصل زمستان (ب) ماه فوریه

همچنین جهت ارزیابی این فرضیه که آیا فازهای شاخص اقلیمی نائو بر روی تغییرات بارندگی در منطقه مطالعاتی می‌توانند اثرگذار باشند یا خیر، تعداد رخدادهای هم‌زمانی فاز منفی نائو – دوره پربارشی و فاز مثبت نائو - دوره کم‌بارشی برای فصل زمستان و ماه فوریه مشخص شدند. همان‌طور که از جدول ۵ می‌توان دریافت، برای فصل زمستان به‌طور کلی، طی دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۱۰ حدود ۶۹٪ از رخدادهای نائو و تغییرات بارش به‌صورت معنی‌داری هم‌زمان بودند. از این مقدار ۳۶٪ مربوط به رخدادهای هم‌زمانی فاز منفی نائو با دوره پربارشی و حدود ۳۲٪ آن مربوط به رخدادهای هم‌زمانی فاز مثبت این شاخص با دوره کم‌بارشی در منطقه مطالعاتی بوده است؛ اما برای ماه فوریه به‌طورکلی حدود ۶۱٪ از رخدادهای نائو و تغییرات بارش در منطقه به‌طور معنی‌دار هم‌زمان بودند که از این مقدار، رخدادهای هم‌زمانی فاز منفی با دوره پربارشی و فاز مثبت با دوره کم‌بارشی به‌طور مساوی حدود ۳۰/۵٪ برآورد شده است.

جدول ۵- تعداد رخدادهای هم‌زمان در حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای فصل زمستان و ماه فوریه، ۱۹۶۱ -۲۰۱۰

فصل زمستان	فاز مثبت نائو- کم‌بارشی	فاز منفی نائو- پربارشی	کل رخدادهای هم‌زمان
تعداد رخداد	۱۶	۱۸	۳۴
درصد رخداد	٪۳۲/۶۵	٪۳۶/۷۳	٪۶۹/۳۸
ماه فوریه	فاز مثبت نائو- کم‌بارشی	فاز منفی نائو- پربارشی	کل رخدادهای هم‌زمان
تعداد رخداد	۱۵	۱۵	۳۰
درصد رخداد	٪۳۰/۶	٪۳۰/۶	٪۶۱/۲

می‌توان گفت نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های آماری بین سری داده‌های ماهانه بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و فازهای شاخص اقلیمی نائو بیانگر ارتباط نسبتاً معنی‌دار و معکوس بین آن‌ها طی ماه‌های سرد سال بوده‌است. در ضمن، به‌نظر می‌رسد فازهای این شاخص اقلیمی به‌طور میانگین طی سه‌ماهه زمستان (دسامبر، ژانویه و فوریه) بیش از ماه فوریه- به‌تنهایی- بر روی تغییرات بارش در منطقه مطالعاتی اثرگذار بوده است.

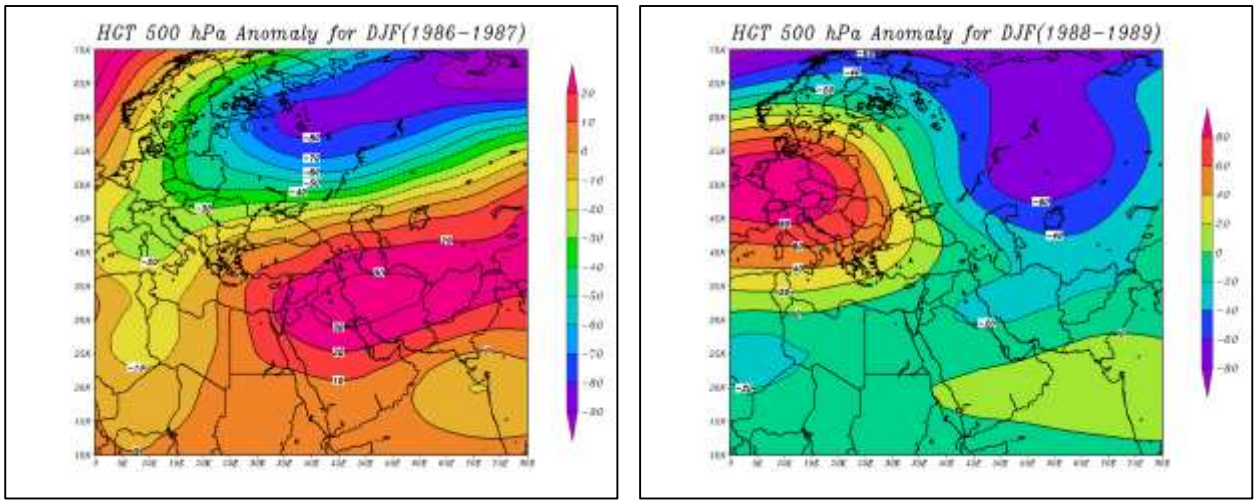
مطالعه الگوهای جوی حاکم در منطقه مطالعاتی طی دوره‌های پربارشی و کم‌بارشی

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷ (دسامبر، ژانویه و فوریه) به‌عنوان دوره پربارشی در منطقه مطالعاتی که همراه با فاز منفی نائو بوده است. از سوی دیگر زمستان ۱۹۸۸-۱۹۸۹ نیز به‌عنوان دوره کم‌بارشی که هم‌زمان با فاز مثبت این شاخص است در نظر گرفته‌شده‌اند. ازاین‌رو، طی این تحقیق الگوهای جوی حاکم طی دو دوره فوق در منطقه وسیعی از اروپا در غرب و روسیه

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

در شمال تا آسیای مرکزی در شرق و اقیانوس هند در جنوب مورد مطالعه قرارگرفته‌اند. بدین منظور برخی پارامترهای هواشناسی مانند ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار سطح دریا و سرعت باد در سطوح مختلف جوی بررسی‌شده‌اند. پس از محاسبه بی‌هنجاری پارامترهای فوق و ترسیم نقشه‌های مربوطه، تغییرات آن‌ها طی دو دوره پربارشی و کم‌بارشی فوق مورد مقایسه قرارگرفته‌اند.

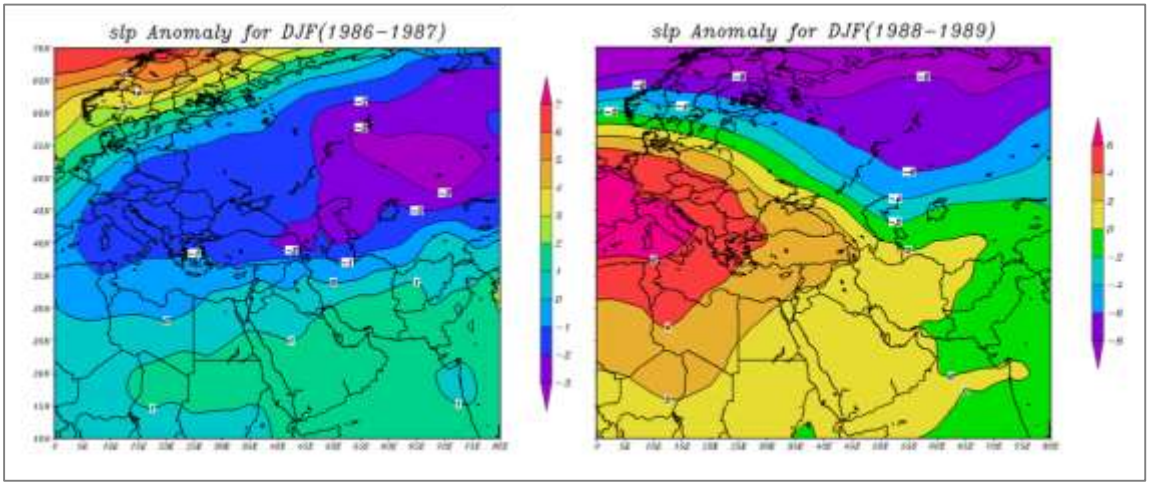
چنانچه از نقشه بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۴) قابل استنباط است در دوره پربارشی زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷ که با فاز منفی نائو همراه بوده است درروی منطقه خاورمیانه و ایران، بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل مثبت با مرکزیت منطقه ایران که از غرب تا عراق و از شرق تا افغانستان و پاکستان کشیده شده، حاکم بوده است. مقدار افزایش ارتفاع ژئوپتانسیل تا حدود ۲۰ ژئوپتانسیل بر متر بوده است. درحالی‌که طی دوره کم‌بارشی ۱۹۸۸-۱۹۸۹ شاهد بی‌هنجاری بسیار شدید منفی ارتفاع ژئوپتانسیل در شمال دریاچه آرال هستیم که تا شمال خراسان گسترش پیداکرده است (۴۰- تا ۸۰- ژئوپتانسیل بر متر) ولی بر روی منطقه شمال غرب کشور و حوضه آبریز دریاچه ارومیه بی‌هنجاری منفی ژئوپتانسیل حدود ۲۰- ژئوپتانسیل بر متر برآورد شده است. وضعیت فوق بیانگر این موضوع می‌باشد که در دوره پربارشی (زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷)، هوای گرم و مرطوب در منطقه حاکم بوده است و می‌توان گفت در نتیجه بارش و آزاد شدن گرمای نهان، ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال افزایش‌یافته باشد. درصورتی‌که در دوره خشک (زمستان ۱۹۸۸-۱۹۸۹) هوای سرد و خشک از شمال دریاچه آرال (از منبع سیبری و شمال چین) نفوذ بیشتری از سمت شمال شرق به سمت مرکز و شمال غرب کشور داشته است.



شکل ٤- بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال برای زمستان ۱۹۸٦-۱۹۸۷ (دوره پربارشی) و ۱۹۸۸-۱۹۸۹ (دوره کم‌بارشی) در منطقه مطالعاتی

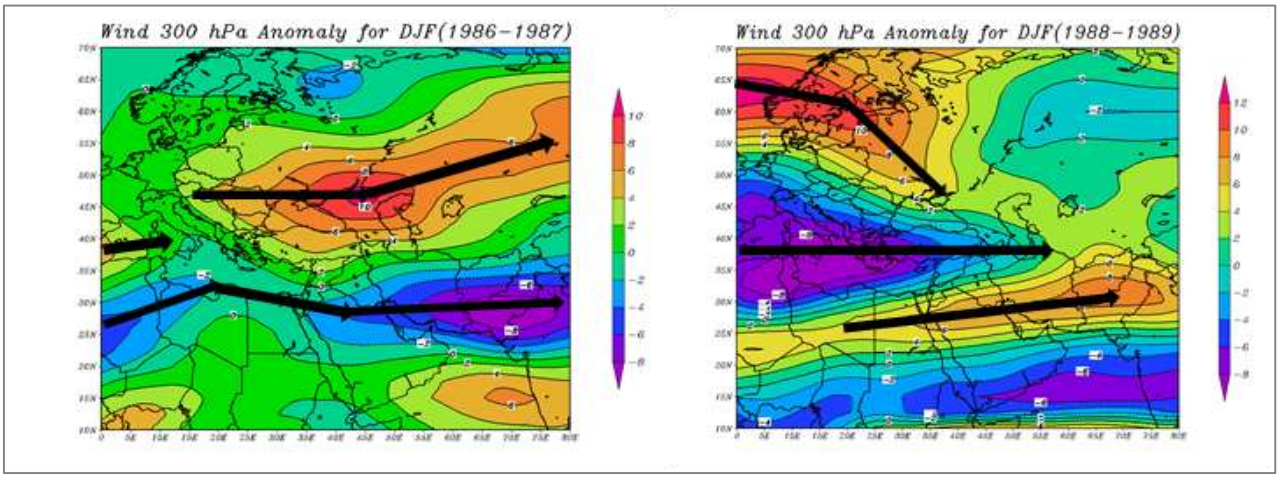
شکل ۵ نشان می‌دهد که فشار سطح دریا در دوره پربارشی (زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷) حدود ۱- تا ۲- هکتوپاسکال در منطقه شمال غرب ایران رسیده است. این وضعیت نشان می‌دهد که به‌احتمال قوی توفان‌های چرخندی که با بارندگی همراه بوده است از مسیر ترکیه وارد شمال غرب کشور شدند. درحالی‌که طی دوره کم‌بارشی (زمستان ۱۹۸۸-۱۹۸۹) افزایش فشار سطح دریا حدود ۴ هکتوپاسکال در منطقه مطالعاتی دیده می‌شود که در نتیجه گسترش سلول‌های پرفشار جنوب اروپا به سمت شرق می‌باشد که ترکیه و شمال غرب ایران را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد که منجر به کاهش بارش می‌شود.

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]



شکل ۵- بی‌هنجاری فشار سطح دریا برای زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷(دوره پربارشی) و ۱۹۸۸-۱۹۸۹ (دوره کم‌بارشی) در منطقه مطالعاتی

سرعت باد در ارتفاع ۳۰۰ هکتوپاسکالی برای دوره پربارشی (زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷) نشان می‌دهد که جت استریم قطبی در این دوره تقویت‌شده، به‌طوری‌که مرکز آن بی‌هنجاری مثبت سرعت باد تا حدود ۱۰ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد. بر روی شمال غرب ایران، همچنین حوضه آبریز دریاچه ارومیه و به‌سوی بخش‌های جنوبی ترکیه شرایط ناپایداری حاکم است که نشان‌دهنده وجود امواج جبهه‌ای در سطوح نزدیک به زمین بوده که آن‌ها منجر به وقوع بارش در منطقه مطالعاتی شده‌اند. این در حالی است که محور رودباد جنب‌حاره‌ای ضعیف بوده به‌طوری‌که بی‌هنجاری منفی آن روی پاکستان با حدود ۸- متر بر ثانیه متمرکزشده است؛ اما در دوره کم‌بارشی (زمستان ۱۹۸۸-۱۹۸۹) محور اصلی عمیق‌ترین بی‌هنجاری منفی سرعت باد از دریای مدیترانه به‌سوی جنوب ترکیه و همین‌طور شمال غرب ایران تا سواحل دریای خزر گسترده شده است (طی این دوره به‌طور قابل‌توجهی رودباد قطبی ضعیف می‌باشد) و سرعت بی‌هنجاری باد تا حدود ۲- تا ۴- متر بر ثانیه درروی حوضه آبریز دریاچه ارومیه دیده می‌شود. این شرایط دلالت بر کاهش ناپایداری دارد به‌طوری‌که امواج سطحی همراه با جبهه به‌صورت ناچیزی در منطقه فعال هستند. اگرچه رودباد جنب‌حاره‌ای با شدت بیشتری بر روی پاکستان و شمال هند فعال بوده است (شکل ۶).



شکل ٦- بی‌هنجاری سرعت باد (متر بر ثانیه) در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال برای زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷ (دوره پربارشی) و ۱۹۸۸-۱۹۸۹ (دوره کم‌بارشی) بر روی منطقه مطالعاتی

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

نتیجه‌گیری

دریاچه ارومیه به‌عنوان دومین دریاچه بزرگ فوق شور جهان طی دهه اخیر در نتیجه اثرات فعالیت‌های عمرانی و توسعه‌ای در حوضه و همچنین تحت تأثیر نوسانات اقلیمی بزرگ‌مقیاس با بحران آبی شدیدی مواجه شده است. در این تحقیق با استفاده از داده‌های بلندمدت بارش از چهار ایستگاه انتخابی منطقه مطالعاتی شامل ایستگاه‌های سینوپتیک تبریز، ارومیه، سقز و خوی، به همراه ارزش‌های ماهانه فازهای نمایه اقلیمی نائو، درک صحیحی از تغییرات بارندگی در حوضه آبریز دریاچه در ارتباط با فازهای نمایه اقلیمی نائو به دست آمد.

با استفاده از روش‌های تحلیل آماری مانند همبستگی پیرسون، رگرسیون خطی، واریانس، انحراف از معیار و تست همگونی و مقایسه تغییرات بارندگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با فازهای نمایه نائو در مقیاس‌های فصلی و ماهانه طی یک دوره آماری بلندمدت، مشخص شد که در فصل زمستان (میانگین دسامبر، ژانویه و فوریه) و ماه فوریه (به‌تنهایی) به ترتیب با ضرایب ۰/۳۷- و ۰/۲۸- بیشترین مقادیر همبستگی را نسبت به فصول و ماه‌های دیگر نشان داده‌اند و از طریق تحلیل واریانس و انحراف از معیار نیز به دست آمد که ارزش‌های شاخص نائو از نوسان و تغییرپذیری بیشتری در مقایسه با پارامتر بارش در منطقه مطالعاتی طی فصل زمستان و همین‌طور ماه فوریه برخوردار بوده است. در ضمن، تست همگونی نیز نشان داده است که سری داده‌های نمایه نائو در مقایسه با بارش بیشتر به سمت یک توزیع منفی متمایل بوده است و درواقع رابطه معکوس به لحاظ توزیع نرمال بین آن‌ها برقرار است. همچنین نتایج تحلیل‌های آماری به‌خوبی نشان داد که فرضیه هم‌زمانی فاز منفی نائو با رخداد پربارشی و فاز مثبت آن با رخداد کم‌بارشی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه مخصوصاً در فصل زمستان معنی‌دار به نظر می‌رسد. از آن‌جایی که مشخص شد در منطقه مطالعاتی، زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷ یک دوره پربارشی خوب همراه با فاز منفی نائو و از طرف دیگر زمستان ۱۹۸۸-۱۹۸۹ نیز یک دوره کم‌بارشی همراه با فاز مثبت نائو بوده‌اند، این دو نمونه ویژه، جهت بررسی و مقایسه الگوهای جوی حاکم در منطقه انتخاب شدند. مطالعه وضعیت الگوهای جوی حاکم در دوره پربارشی (زمستان ۱۹۸۶-۱۹۸۷) بر روی منطقه مطالعاتی نشان‌دهنده نکات زیر می‌باشند: ۱) افزایش عنصر ارتفاع ژئوپتانسیل تا حدود ۲۰ متر. ۲) کاهش عنصر فشار سطح دریا از حدود ۱- تا ۲- هکتوپاسکال که بیانگر نفوذ سیکلون‌های ناپایدار از طریق ترکیه به‌سوی منطقه شمال غرب ایران است. ۳) عنصر سرعت باد در ارتفاع ۳۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان‌دهنده افزایش سرعت باد حدود ۱۰ متر بر ثانیه، به همراه ناپایداری در نتیجه تقویت رودباد جبهه قطبی[1] است که با امواج جبهه‌ای در سطح زمین همراهی می‌کنند. از سویی دیگر در دوره کم‌بارشی (زمستان ۱۹۸۸-۱۹۸۹) نتایجی به‌قرار زیر به دست آمدند: ۱) کاهش عنصر ارتفاع ژئوپتانسیل تا حدود ۲۰- متر در نتیجه نفوذ توده‌هوای سرد و خشک از شمال دریاچه آرال، سیبری و شمال چین. ۲) افزایش فشار سطح دریا تا حدود ۴ هکتوپاسکال در نتیجه گسترش مراکز پرفشار از جنوب اروپا به سمت شرق، به‌طوری‌که ترکیه و شمال غرب کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهند. ۳) کاهش سرعت باد در ارتفاع ۳۰۰ هکتوپاسکال تا حدود ۴- متر بر ثانیه به خاطر تضعیف رودباد جبهه قطبی و گسترش پرفشارهای غربی بر روی منطقه مطالعاتی.

به‌طور کلی، نظر به ارتباط معنی‌دار شاخص اقلیمی نائو با تغییرات بارندگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و همچنین با عنایت به شرایط حساس بوم‌شناختی این حوضه، می‌توان عنوان کرد که با استفاده از اطلاعات فازهای نائو، تغییرات بارندگی در حوضه قابل پیش‌آگاهی و بر اساس آن راهکارهای متناسب تعدیل یا مدیریت بحران آبی مخصوصاً در دوره‌های کم‌بارشی آتی قابل‌ارائه خواهد بود.

[1] Polar Front Jetstream

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

منابع و مآخذ

۱. جبارلو شبستری، بهرام (۱۳۸۰)، مطالعه نوسان تراز آب دریاچه ارومیه طی دوره کواترنری. اولین همایش دریاچه ارومیه، ایران.

۲. جلیلی، شیدا (۱۳۹۰)، تحلیل طیفی رفتار دورهای سری زمانی تراز سطح آب دریاچه ارومیه و اثرات اقلیمی و هیدرولوژیکی بر روی آن. پایان‌نامه دوره دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳. خورشیددوست، علی‌محمد، قویدل رحیمی، یوسف، صنیعی، راحله، یساری، طلعت، نوری، حمید (۱۳۸۶)، تحلیل نقش پدیده NAO در نوسانات سالانه‌ی بارش حوضه آبریز دریاچه ارومیه، فصلنامه فضای جغرافیایی، شماره ۱۹، صص ۶۳.

۴. خورشید دوست، علی‌محمد، قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۷)، آشکارسازی تغییرات بارش ماهانه ایستگاه اهر در ارتباط با الگوهای پیوند از دور، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۲۰، صص ۶۵ – ۸۱.

۵. صلاحی، برومند، خورشید دوست، علی‌محمد، قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۶)، ارتباط نوسان‌های گردش جوی ـ اقیانوسی اطلس شمالی با خشکسالی‌های آذربایجان شرقی، پژوهش‌های جغرافیایی –شماره ۶۰، صص ۱۵۶-۱۴۷.

۶. صلاحی، برومند، حاجی‌زاده، زهرا (۱۳۹۲)، تحلیلی بر رابطه زمانی نوسان اطلس شمالی و شاخص‌های دمای سطحی اقیانوس اطلس با تغییرپذیری بارش و دمای استان لرستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره ۳، صص ۱۱۷-۱۲۸.

۷. اسفندیاری، فریبا، سبحانی، بهروز، آزادی مبارکی، محمد، جعفر زاده، فاطمه (۱۳۸۸)، تحلیلی آماری از وضعیت روزهای برفی شهرستان تبریز و ارتباط آن با پدیده کلان‌مقیاس گردش جوی -اقیانوسی نوسانات اطلس شمالی(NAO)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۰، شماره ۱۳، صص ۸۳-۱۰۲.

8. Alipour, S. (2006), Hydrochemistry of Seasonal Variation of Urmia Salt Lake, Iran. Saline Systems, 2, 9.http://dx.doi.org/10.1186/1746-1448-2-9.

9. Arkin, P., Mariotti, A. (2007), The North Atlantic Oscillation and oceanic precipitation variability. Climate Dynamics, Vol. 28, pp. 35–51.

10. Cintia, B. (2003), Analysis and regionalization of Northern European winter precipitation based on its relationship with the North Atlantic Oscillation, International Journal of Climatology, 23, pp. 1185 – 1194.

11. Cullen, H. M., de Manocal, P. B. (2000), North Atlantic influence on Tigris-Euphrates stream flow, Int. J. Climatol., 20, pp. 853–863.

12. Dezfuli A.K., Karamouz, M. Araghinejad, Sh. (2010), On the relationship of regional meteorological drought with SOI and NAO over southwest Iran, Theoretical and Applied Climatology, Vol.100, No.1, pp.57-66.

13. Djamali, M., de Beaulieu, J. L., Shah-hosseini, M., Andrieu-Ponel, V., Ponel, P., Amini, A., Akhani, H., Leroy, S.A.G., Stevens, L., Lahijani, H., Brewer, S. (2008), A late Pleistocene long pollen record from Lake Urmia, NW Iran. Quat. Res. 69, pp. 413–420.

14. Eimanifar, A., Mohebbi, F. (2007), Urmia Lake (Northwest Iran), a brief review, Saline Syst. 3-5.

15. Fathian, F., Morid, S., Kahya, E. (2014), Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran, Theoretical and Applied Climatology, DOI:10.1007/s00704-014-1120-4.

16. Golabian, H. (2011), Urumia Lake hydro-ecological stabilization and permanence, In Macro-engineering seawater in unique environments, Springer, Berlin. pp. 365–397.

17. Hassanzadeh E, Zarghami M, Hassanzadeh, Y. (2012), Determining the main factors in declining the Urmia Lake level by using system dynamics modeling, Water Resources Management, Vol.26, pp.129–145. DOI:10. 1007/s11269-011-9909-8.

18. Karabörk, M. Ç., Kahya, E., Karaca, M. (2005), The influences of the Southern and North Atlantic Oscillations on climatic surface variables in Turkey, Hydrolog Process, 19-6, pp. 1185–1211.

19. López-Moreno, J. I., Begueriía, S., Vicente-Serrano, S. M., Garciía- Ruiz, J. M. (2007), Influence of the North Atlantic Oscillation on water resources in central Iberia Precipitation, stream flow anomalies, and reservoir management strategies, Water Resour, Res, 43, W09411.

20. López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M. (2008), Positive and negative phases of the wintertime North Atlantic Oscillation drought occurrence over Europe A multitemporal-scale approach., J.Clim., Vol. 21, pp. 1220–1242.

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]

21. Mares, I., Mares, C., Mihailescu, M. (2002), NAO impact on the summer moisture variability across Europe, Phys, Chem, Earth, Part A Solid Earth Geod, Vol. 27, pp. 1013–1017.

22. Marshal, J., Kushnir, Y. (2001), North Atlantic climate variability phenomena, impacts and mechanisms. International Journal of Climatology, Vol. 21, pp. 27 – 40.

23. Sima, S., Tajrishy M. (2013), Using satellite data to extract volume–area–elevation relationships for Urmia Lake, Iran. Journal of Great Lakes Research, Vol. 39, pp. 90–99.

24. Sun, J. Wang, H. (2012), Changes of the connection between the summer North Atlantic Oscillation and the East Asian summer rainfall, Journal of Geophysical Research 117, D08110.DOI: 10.1029/2012JD017482.

25. Tabari, H., Hosseinzadeh Talaee, P., Shifteh Some'e, B., Willems, P. (2014), Possible influences of North Atlantic Oscillation on winter reference evapotranspiration in Iran, Journal of Global and Planetary Change, Vol. 117, pp. 28–39.

26. Tabari, H., Abghari, H., Hosseinzadeh Talaee, P. (2013), Impact of the North Atlantic Oscillation on stream flow in Western Iran, Hydrol, Process. DOI: 10.1002/hyp.9960.

27. Zarghami, M. (2011), Effective watershed management, case study of Urmia Lake, Iran. Lake ReservManag, Vol. 27(1), pp. 87–94.

28. Zoljoodi, M., Didevarasl, A. (2014), Water-Level Fluctuations of Urmia Lake, Relationship with the Long-Term Changes of Meteorological Variables (Solutions for Water-Crisis Management in Urmia Lake Basin), Atmospheric and Climate Sciences, vol. 4, pp. 358-368 http://dx.doi.org/10.4236/acs.2014.43036.

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-12-16]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.106]