

Investigation of the Effect of ENSO Hot Phase on the Instantaneous Floods in Two Climates of IRAN

MAHDI ABBASI¹, SHAHAB ARAGHINEJAD^{2*}, KUMARS EBRAHIMI³

1. MSc in Water Resources Engineering, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.

3. Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.

(Received: Jan. 27, 2018- Revised: Apr. 7, 2018- Accepted: May. 14, 2018)

ABSTRACT

Considering the casualties and economic damage of flood, the study and analysis of this phenomenon is of great importance. Many studies demonstrated the effect of climate signals on the intensity, duration and timing of meteorological variables. In this paper the effects of positive phase (El Niño) of the South fluctuations of Pacific Ocean on the occurrence of floods in the Gorgan-Rood Gharesu basin (as a Wet and Mediterranean Climate) and also Tashk Bakhtegan Maharloo (as a Dry and Semiarid Climate) are investigated, using the Oceanic Niño (ONI) index. For this purpose, the “extreme value distributions of the Gumbel” and the “Time Variation Analysis” in two phases “neutral” and “the occurrence of El Niño” were employed. Results of Gumbel distribution and Maximum instantaneous discharge showed that there are influences of El Niño with 23 and 8 events in the Gorganrud-Gharesu basin and the Tashk-Bakhtegan-Maharlo basin, respectively. The results also showed that the effect of El Niño on time variation in the Gorganrud-Gharesu basin is greater than of Tashk-Bakhtegan-Maharlo basin. Moreover, the ONI positive phase in the maximum instantaneous flood of the Gorganrud-Gharesu basin is more effective than the Tashk-Bakhtegan-Maharlo Basin.

Keywords: Maximum instantaneous flood, Oceanic Niño index (ONI), Gumbel distribution, Time variation analysis

بررسی تأثیر فاز گرم ENSO بر سیلاب‌های لحظه‌ای در دو اقلیم ایران

مهدی عباسی^۱، شهاب عراقی نژاد^{۲*}، کیومرث ابراهیمی^۳

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری، پردیس کشاورزی و

منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲. دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه

تهران، کرج، ایران

۳. استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۷ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۲/۲۴)

چکیده

با توجه به تلفات جانی و خسارت‌های اقتصادی سیلاب، بررسی و تحلیل این پدیده حدی از اهمیت بسزایی برخوردار است. تحقیقات بسیاری تأثیر سیگنال‌های اقلیمی را بر شدت، مدت و زمان وقوع سیلاب نشان داده است. در این مقاله با استفاده از شاخص نینوی اقیانوسی (ONI)، تأثیر فاز مثبت النینو نوسانات جنوبی اقیانوس آرام بر وقوع سیلاب‌ها در حوضه گرگان‌رود - قره‌سو بعنوان اقلیم مرطوب و مدیترانه‌ای و همچنین حوضه طشک - بختگان - مهارلو بعنوان اقلیم خشک و نیمه خشک بررسی شده است. برای این منظور از توزیع حدی گامبل و بررسی تغییرات زمانی در دو فاز خنثی و وقوع النینو استفاده شد. نتایج توزیع گامبل و دبی حداکثر لحظه‌ای، تأثیر النینو را با تعداد ۲۳ واقعه در حوضه گرگان-رود - قره‌سو و ۸ واقعه در حوضه طشک - بختگان - مهارلو نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که تأثیر النینو بر تغییرات زمانی در حوضه گرگان‌رود - قره‌سو نسبت به حوضه طشک - بختگان - مهارلو بیشتر است. بعلاوه اینکه، فاز مثبت ONI بر سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای حوضه گرگان‌رود - قره‌سو نسبت به حوضه طشک - بختگان - مهارلو تأثیر گذارتر است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات زمانی، سیلاب حداکثر لحظه‌ای، شاخص نینوی اقیانوسی ONI، توزیع گامبل

مقدمه

تأثیر پدیده ENSO بر عوامل مختلف محیطی و انسانی به طور گسترده‌ای در سطح جهان صورت پذیرفته که می‌توان به گردباد و تگرگ (Allen et al., 2015)، رسوب تجمعی رودخانه (Aalto et al., 2003)، سلامت انسان (Kovats, 2000)، بازده محصولات کشاورزی (Orlove et al., 2000) و تغییرات بارش (Power et al., 2013) اشاره کرد.

(Kahya and Çağatay Karabörk, 2001) رابطه‌ی بین فازهای النینو و لانینو را با رواناب ماهیانه در شمال غرب و شرق آنتالیا مورد بررسی و تحلیل قرار دادند. طبق مطالعات ایشان فاز النینو در منطقه‌ی شمال شرقی آنتالیا در ماه‌های آوریل و اکتبر تغییرات قابل توجه‌ای را داشته‌اند در صورتی که با پدیده‌ی لانینو رابطه‌ی خاصی را دنبال نمی‌کنند. همچنین آن‌ها نشان دادند که در هر دو فاز مذکور، سیگنال اقلیمی ENSO منطقه‌ی شرقی آنتالیا تغییر خاصی با شرایط نرمال نداشته است. Chiew and McMAHON (2002) تأثیر النینو را بر سیلاب ۵۸۱ حوضه در سطح جهان مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. ایشان به این نتایج دست یافتند که از یک‌طرف ارتباط و برهمکنشی قوی بین

افزایش جمعیت کشور، مصرف بی‌رویه و غیراصولی آب در بخش کشاورزی، تأثیر این ماده‌ی حیاتی در بهداشت عمومی و ثبات سیاسی و با توجه به محدودیت و در معرض خطر بودن منابع آب‌های زیرزمینی، ایجاد می‌کند تا بخشی از نیازهای آبی از آب‌های سطحی و با مهار جریان‌های سیلابی تأمین شود. تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که در برخی نقاط خاص در دنیا متغیرهای هواشناسی با فاز النینوی (El Nino) نوسانات جنوبی اقیانوس آرام (ENSO)، رابطه‌ی معنی‌دار و سازگاری دارند. اغلب مطالعاتی که در مورد رابطه‌ی ENSO و جریان رودخانه صورت گرفته است بر مبنای آنالیزهای آماری و مقایسه‌ی بین سال‌های وقوع و عدم وقوع ENSO در فازهای مختلف آن است (Webb, 1992. Cayan et al., 1999. Kahya and Dracup, 1994).

* نویسنده مسئول: Araghinejad@ut.ac.ir

1. El-Nino/Southern Oscillation

(2014) با استفاده از سیگنال‌های اقلیمی مرسوم مربوط به اقیانوس آرام و اطلس و تغییرات دمای سطح آب قسمت شرق دریای مدیترانه به عنوان عاملی مؤثر در چرخه آبی منطقه جنوب غربی ایران به پیش‌بینی متوسط آبدهی دوره پرآب رودخانه‌های کارون و دز در محل ورودی به سدهای کارون ۱ (شهید عباسپور) و دز پرداختند. (2016) Varikoden *et al* با استفاده از تحلیل‌های طیفی از باران در ایستگاه مسیره و شاخص Niño3.4 مشخص کردند که بین باران و شاخص Niño3.4 مقادیر همبستگی مثبت چشمگیری وجود دارد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که النینوی اتفاق افتاده در اقیانوس آرام یک عامل برای باران در منطقه‌ی عمان است. (2017) Munoz and Dee تأثیر النینو را بر افزایش ریسک سیلاب در پایین‌دست رودخانه می‌سی‌سی‌پی^۴ مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور آنها از خروجی‌های مدل سیستم جامعه زمین (CESM^۵) در پایین‌دست رودخانه می‌سی‌سی‌پی استفاده کردند. آنها آسیب‌پذیری بالای پایین‌دست قسمت رودخانه مذکور را در برابر سیل همراه با وقوع فاز گرم ENSO بررسی کردند به طوری که با وقوع این پدیده، بارش در قسمت پایین‌دست رودخانه افزایش یافته و به طبع آن موجب افزایش رطوبت شده و در نهایت موجب افزایش سیلاب در پایین‌دست رودخانه می‌سی‌سی‌پی شده است.

در مقاله حاضر در ادامه کار (2018) Dezfooli *et al.* با استفاده از شاخص نینوی اقیانوسی (ONI)، تأثیر فاز مثبت (النینو) نوسانات جنوبی اقیانوس آرام بر وقوع سیلاب‌ها در حوضه گرگان‌رود قره‌سو واقع در استان گلستان (اقلیم مرطوب و شمالی) و حوضه طشک - بختگان - مهارلو واقع در استان فارس (اقلیم خشک و نیمه‌خشک) با اعتبار سنجی داده‌های سری زمانی، مقایسه تغییرات داده‌ها با شاخص ONI، تحلیل و بررسی داده‌های حداکثر سیلاب لحظه‌ای با استفاده از توزیع گامبل و بررسی تغییرات زمانی بین زمان وقوع النینو و حالت خنثی منطقه بررسی شده است. قابل ذکر است که تحقیقی مشابه تحقیق حاضر در مورد حداکثر سیلاب لحظه‌ای در ایران صورت نگرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مطالعاتی

استان گلستان با مساحت $20,367 \text{ Km}^2$ در ناحیه شمال تا شمال شرق کشور ایران واقع است. رودخانه‌های مهم این استان

ENSO و رخداد‌های سیلاب در استرالیا و نیوزلند، آمریکای جنوبی و مرکزی و از طرف دیگر ارتباط و برهمکنشی ضعیفی با سیلاب در اغلب نقاط آفریقا و آمریکای شمالی برقرار است. ایشان پیشنهاد کردند که ارتباط بین ENSO و سیلاب و سری‌های همبستگی در سیلاب‌ها می‌تواند برای پیش‌بینی در زمینه مدیریت منابع آب موفقیت‌آمیز باشد. (2002) Shin با بررسی همبستگی بین الگوهای بارش و دوره‌های ENSO گرمسیری برهمکنشی، شرایط حدی هیدرولوژیکی (سیل و خشکسالی) و شرایط اقلیمی حرارتی گرمسیری را در کره جنوبی نشان داد. (2003) Zubair. با توجه به شاخص NINO 3.4، تأثیر فاز النینو را بر بارش و سیلاب در حوضه‌ی رودخانه‌ی ماهووالی در سریلانکا با آنالیز همبستگی، جداول احتمالاتی و آنالیز مرکب مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق وی نشان داد که جریان سالیانه رودخانه در سال‌های فاز النینو کاهش و در سال‌های دارای فاز لانینو روند افزایشی در جریان رودخانه داشته است. همچنین اثر قابل‌توجهی بین تأثیر ENSO و بارش و سیلاب گزارش شد. (2004) Nazemosadat and Ghasemi. در بررسی رابطه بارش‌های پاییزه ایران با شاخص SOI روشن ساختند که بیشترین بارش در فاز گرم آن (El Nino) و بارش‌های کمتر از معمول در فاز سرد (La Nina) رخ می‌دهد. (2004) Rambu *et al.* با استفاده از سیگنال‌های اقلیمی^۱ NAO و ENSO تغییرات جریان را بر روی رودخانه دانوب مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که یک رابطه‌ی همبستگی قوی بین دمای سطح آب دریا (SST^۲) در فصل زمستان و سیگنال‌های اقلیمی NAO و ENSO با تغییرات سیلاب رودخانه‌ی دانوب در فصل‌های بهار و تابستان وجود دارد؛ که از این شاخص فصل زمستان SST برای پیش‌بینی در آن منطقه مورد استفاده قرار گرفت. آنها همچنین پیشنهاد کردند که در آینده از مکانیسم‌های فیزیکی برای مطالعه تأثیر ENSO و NAO استفاده شود. (2012) Fu *et al* با استفاده از اطلاعات دمای سطح آب در منطقه‌ی NINO 3.4 و میانگین سیلاب سالیانه بین ۵۰ ایستگاه در جنوب کانادا تأثیر النینو و فعالیت‌های خورشیدی را بر روی سیلاب مورد بررسی قرار دادند. آنها با تجزیه و تحلیل تبدیل موجک پیوسته (CWT^۳) فعالیت‌های خورشیدی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و به این نتیجه رسیدند که فعالیت خورشیدی در ابتدا بر النینو تأثیر داشته و در ادامه، این فعل و انفعالات بر سیلاب‌های محدوده مورد مطالعه تأثیر مستقیمی خواهد داشت. (Meidani and Araghinejad.

1. North Atlantic Oscillation

2. Sea Surface Temperature

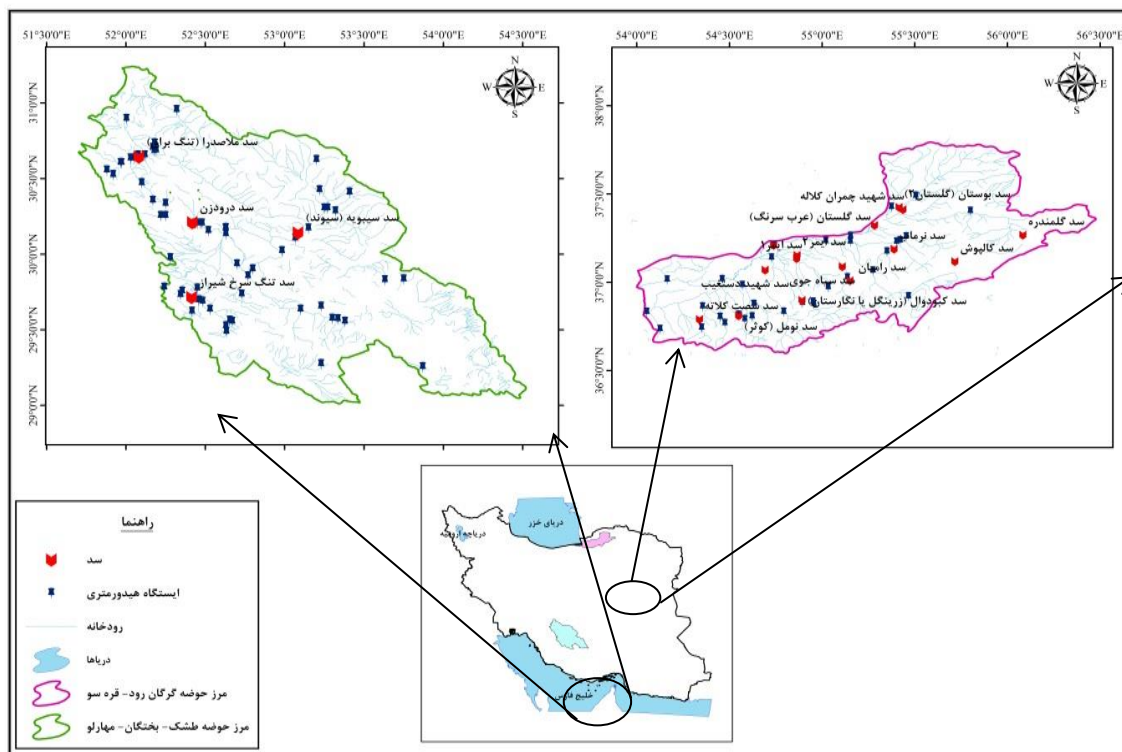
3. Continuous Wavelet Transform

4. Mississippi River

5. Community Earth System Model

می‌باشد. این حوضه شامل دو رودخانه اصلی کر و سیوند و چندین شاخه فرعی است. دو دریاچه طشک و بختگان در نزدیکی غرب شهرستان نیریز قرار دارند. میانگین بارندگی سالیانه حوضه آبریز مورد مطالعه بیش از ۵۰۰ میلی‌متر در سال و مربوط به نواحی شمال غربی است. این مقدار بارندگی به سمت شرق حوضه تا حد ۲۰۰ میلی‌متر در سال کاهش می‌یابد. علت انتخاب این دو حوضه، تفاوت اقلیمی و جریان‌های تأثیرگذار بر متغیرهای هیدرولوژیکی دو حوضه انتخابی است. موقعیت منطقه‌ای حوضه‌های نام برده شده با کمک نرم‌افزار سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تهیه و در شکل (۱) ارائه شده است.

عبارتند از اترک، سومبار، قره‌سو و گرگان‌رود که تحقیق حاضر در استان گلستان و در حوضه گرگان‌رود - قره‌سو صورت گرفته است. حوضه آبریز رودخانه‌های قره‌سو و گرگان‌رود با وسعت ۱۳۰۶ کیلومتر مربع در شمال کشور واقع شده است. حجم آب خروجی از حوضه گرگان‌رود-قره‌سو ۵۴۲/۹۲ میلیون مترمکعب در سال و میانگین بارش سالیانه این حوضه ۵۴۰ میلی‌متر می‌باشد. استان فارس با مساحت 122604 km^2 در جنوب و جنوب غرب کشور و در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. حوضه آبریز بختگان به مساحت ۲۷۳۸۵ کیلومتر مربع واقع در استان فارس بین ۵۱ درجه ۴۲ دقیقه تا ۵۴ درجه ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه تا ۳۱ درجه ۱۴ دقیقه عرض شمالی



شکل ۱. موقعیت منطقه‌ای حوضه‌های آبریز مورد مطالعه

است که برای بررسی آن از شاخص‌های اندازه‌گیری ONI^1 و SOI^2 استفاده می‌شود. شاخص SOI حاصل از اختلاف فشار بین دو منطقه‌ی تاهیتی و داروین واقع در اقیانوس آرام است. اگر فشار تاهیتی منهای فشار داروین مثبت شود شرایط لانینا است و اگر فشار تاهیتی منهای فشار داروین عددی منفی شود شرایط النینو برقرار است. پدیده مذکور دارای سه فاز گرما، سرما و خنثی است. به فاز گرما النینو و فاز سرما لانینو اطلاق می‌گردد. در این مقاله از شاخص ONI برای ارزیابی پدیده‌ی

داده‌های مورد استفاده

داده‌هایی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت، داده‌های حداکثر سیلاب لحظه‌ای در حوضه‌های گرگان‌رود - قره‌سو و طشک - بختگان - مهارلو است که از سازمان مدیریت منابع آب ایران تهیه گردید.

معرفی شاخص

پدیده‌ی ENSO پدیده نوسانات جنوبی اقیانوس آرام است و همانطور که پیش از این در قسمت مقدمه ذکر شد، پدیده‌ای

1. Oceanic Nino Index
2. Southern Oscillation Index

دوره‌های سالانه برای بررسی این تحلیل و وجود یا عدم وجود تصادفی بودن سری زمانی از خودهمبستگی داده‌ها در مقیاس سالانه بهره گرفته می‌شود. همچنین این تحلیل به عنوان یکی از ارکان مهم امکان استفاده از داده‌ها، به شمار می‌رود. شکل (۲) الف-ب) به ترتیب خود همبستگی بین سری زمانی داده‌های حداکثر سیلاب لحظه‌ای را برای ایستگاه‌های حوضه‌های گرگان-رود - قره‌سو و طشک - بختگان - مهارلو نشان می‌دهد.

با توجه به شکل (۲) می‌توان به این نتیجه رسید که خودهمبستگی بین داده‌ها در حوضه گرگان‌رود - قره‌سو نسبت به حوضه طشک - بختگان - مهارلو بیشتر بوده که حاکی از آن است که فرآیندهای اتفاقی و تصادفی یا به عبارت دیگر مستقل از هم در ایستگاه‌های حوضه گرگان‌رود - قره‌سو کمتر از حوضه آبریز طشک - بختگان - مهارلو وجود دارد.

مقایسه تغییرات داده‌ها با شاخص ONI

برای بررسی تأثیر النینو بر سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه از تغییرات میانگین حداکثر سیلاب لحظه‌ای سالیانه در تمام ایستگاه‌ها، نسبت به شاخص ONI استفاده شد. برای این منظور پس از میانگین‌گیری از مقادیر حداکثر سیلاب لحظه‌ای تمام ایستگاه‌ها اقدام به ایجاد سری زمانی میانگین تمام ایستگاه‌ها گردید تا با مقایسه این سری زمانی با مقادیر شاخص ONI و متوسط بلند مدت داده‌های حداکثر سیلاب لحظه‌ای به تأثیر فاز گرم ENSO بر مقادیر حداکثر سیلاب لحظه‌ای در حوضه‌های مورد مطالعه پرداخته شود. مقادیر استفاده شده در این قسمت از تحلیل برای حوضه‌های گرگان‌رود - قره‌سو و طشک - بختگان - مهارلو به ترتیب در شکل‌های (۳) و (۴) ارائه شده است.

همان‌طور که از شکل (۳) مشخص است در مواقع وقوع فاز مثبت شاخص ONI (النینو)، حوضه آبریز گرگان‌رود - قره‌سو در ۷۰ درصد از موارد میانگین حداکثر سیلاب لحظه‌ای، مقادیر بیشتری از سیلاب میانگین بلند مدت ارائه می‌دهد. به عنوان مثال به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۰-۷۱، ۱۳۷۶-۷۷، ۱۳۸۱-۸۲ و ۱۳۸۳-۸۴ مقادیر حداکثر سیلاب لحظه‌ای برای حوضه گرگان‌رود - قره‌سو ۱۳۰/۴، ۱۲۰/۱، ۶۹/۵ و ۸۱/۴ مترمکعب بر ثانیه جریان داشته است. همچنین در سال‌های ۱۳۶۱-۶۲ و ۱۳۷۳-۷۴ با توجه به شکل (۳) همبستگی منفی بین شاخص ONI و حداکثر سیلاب لحظه‌ای مشاهده می‌شود به طوری که با توجه به مقدار میانگین سری زمانی بلندمدت سیلاب لحظه‌ای (جریان ۵۴/۶ مترمکعب بر ثانیه)، به ترتیب مقادیر حداکثر سیلاب لحظه‌ای به وقوع پیوسته در این سال‌ها ۱۵/۶ و ۴۰/۵ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.

ENSO بهره گرفته شد. شاخص نینوی اقیانوسی (ONI) عبارت است از میانگین سه‌ماهه از داده‌های دمای سطح دریا (NOAA ERSST.v2 SST) در منطقه‌ی NINO 3.4 در طول و عرض جغرافیایی (5N-5S, 120-170W) که بر مبنای دوره‌ی سالیانه بین ۱۹۷۱-۲۰۰۰ است. برای مطالعه بیشتر و استخراج داده‌های شاخص ONI به درگاه زیر مراجعه شود.

http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

توزیع گامبل

تحلیل حدی دیگری که در این تحقیق به کار برده شد توزیع گامبل^۱ است که به علت دارا بودن ماهیت حدی این توزیع و استفاده از آن برای متغیرهای حدی در حیطه‌ی هیدرولوژی است و به فرم رابطه ۱ می‌باشد (Gumbel (1954)

$$F_X(x) = e^{-e^{-(x-x_0)/a}} \quad -\infty < x < \infty \quad (\text{رابطه ۱})$$

این توزیع، یک توزیع دو پارامتری است که شکل ساده و مورد استفاده آن به صورت روابط ۲ و ۳ است.

$$K = -0.7797 \left\{ 0.5772 + \ln \left(\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right) \right\} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$Q_T = \bar{Q} + K\sigma \quad (\text{رابطه ۳})$$

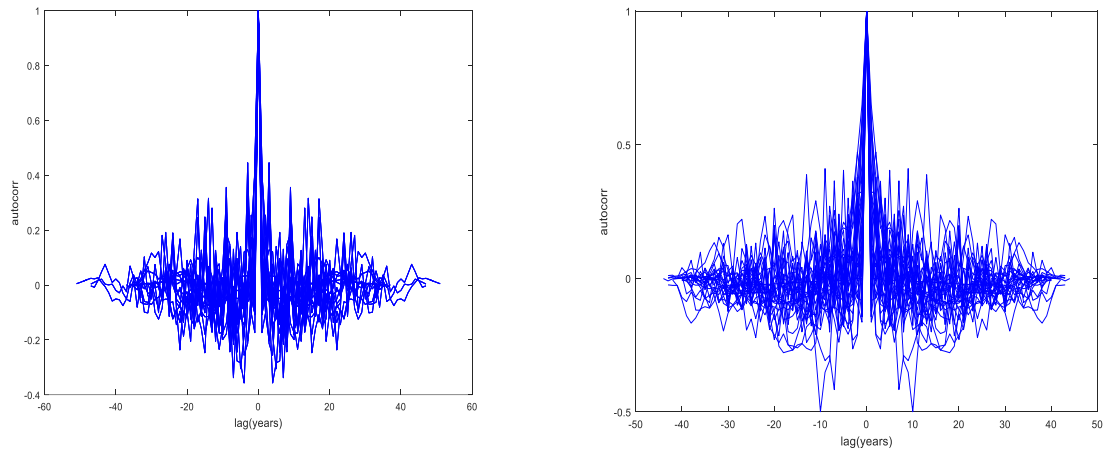
که در آن K ضریب فراوانی تابع توزیع گامبل، \bar{Q} میانگین دبی ایستگاه‌ها، T دوره بازگشت، σ انحراف معیار داده‌ها و Q_T دبی ایستگاه با دوره بازگشت T می‌باشد.

نتایج و بحث

اعتبار سنجی داده‌های سری زمانی

اعتبارسنجی به منظور تحلیل آماری کفایت طول سری زمانی داده‌ها و تشخیص وجود یا عدم وجود نویز و استوکستیک بودن (تصادفی بودن) سری زمانی داده‌ها به کار برده می‌شود. خود همبستگی^۲، همسانی بین مشاهدات به عنوان تابعی از زمان جدایی بین آنها می‌باشد. این مفهوم، یک ابزار ریاضی برای یافتن الگوهای تکراری مانند حضور یک سیگنال تناوبی است که تحت نویز^۳ پوشانده شده است و یا شناسایی فرکانس اساسی گم‌شده در سیگنال ضمنی^۴ فرکانس‌های هارمونیک. از خود همبستگی، اغلب در پردازش سیگنال برای تحلیل توابع یا مجموعه‌ای از مقادیر از جمله حوزه زمان سیگنال‌ها استفاده می‌شود. به دلیل تغییرات فاز سیگنال اقلیمی ENSO در

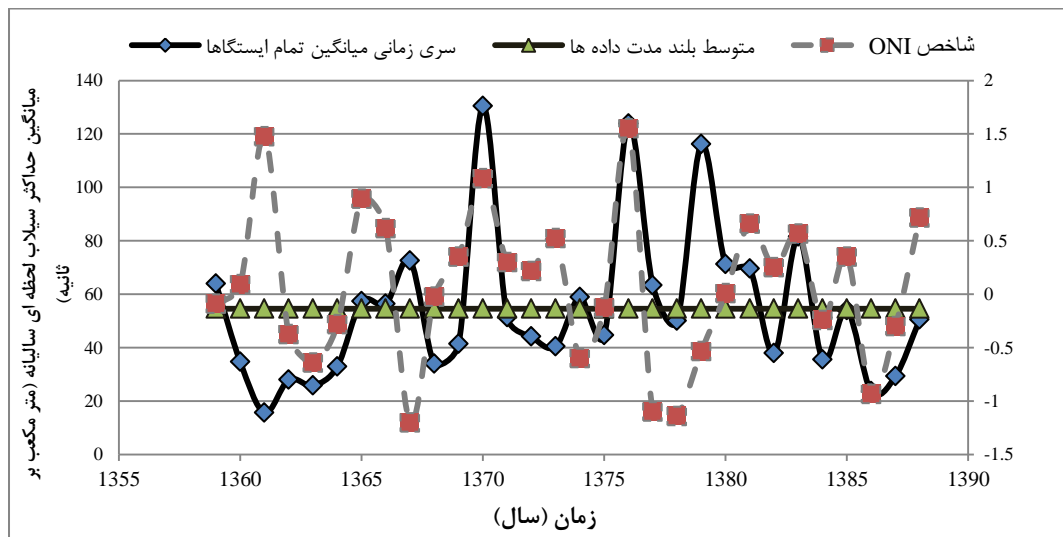
1. Gumbel Distribution
2. Auto-Correlation
3. Noise
4. Implicit Signal



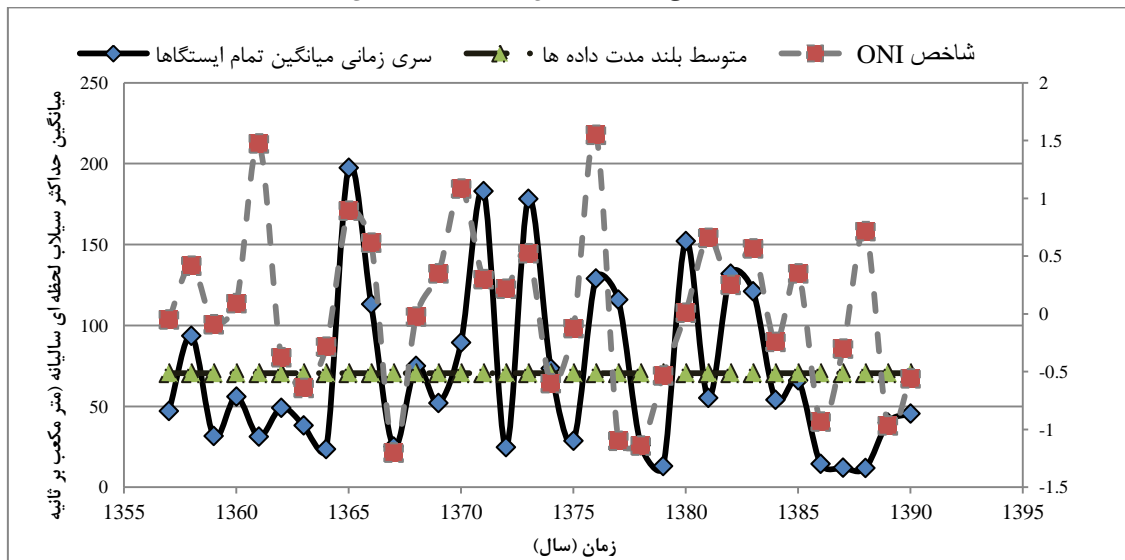
ب

الف

شکل ۲. خود همبستگی بین سری زمانی داده‌های حوضه‌های الف) گرگان‌رود - قره‌سو ب) طشک - بختگان - مهارلو



شکل ۳. مقایسه سری زمانی داده‌ها با شاخص ONI در حوضه گرگان‌رود - قره‌سو



شکل ۴. مقایسه سری زمانی داده‌ها با شاخص ONI در حوضه طشک - بختگان - مهارلو

حوضه شده است. سپس در ادامه به منظور بررسی تأثیر فاز گرم ENSO بر سیلاب لحظه‌ای جریان، مقادیر برآورد شده حدی توسط توزیع گامبل با مقادیر سال‌های وقوع النینو در ایستگاه-های دو حوضه، مورد مقایسه قرار گرفته شد. در جدول (۱) و (۲) ایستگاه‌هایی که در آنها مقدار برآورد شده از توزیع گامبل از داده‌های سیلاب لحظه‌ای بیشتر باشد به ترتیب برای حوضه‌های گرگان رود و قره‌سو و بختگان مهارلو آورده شده است.

با مشاهده جدول (۱) می‌توان دریافت که در سال ۱۳۷۶-۷۷ تعداد ۶ ایستگاه مقدار حداکثر سیلاب لحظه‌ای آنها از مقادیر برآورد شده‌ی توزیع گامبل تجاوز کرده است. به همین ترتیب برای سال-های ۱۳۷۰-۷۱ تعداد ۵ ایستگاه، ۸۲-۱۳۸۱ تعداد ۴ ایستگاه و در سال‌های ۱۳۶۵-۶۶، ۸۴-۱۳۸۳ و ۵۶-۱۳۸۵ تعداد ۲ ایستگاه از مقادیر حدی خود تجاوز می‌کنند. نتیجه دیگری که می‌توان از این جدول دریافت این است که ۴ ایستگاه (نوده، رامیان، سد گرگان و سرمو)، در ۲ سال از بین ۱۰ ساله‌ی پدیده‌ی النینو مورد بررسی قرار گرفته، مقادیر حدی سیلاب لحظه‌ای را از خود نشان دادند. با توجه به جدول (۲) در سال ۱۳۷۳-۷۴ تعداد ۳ ایستگاه از ایستگاه-های هیدرومتری حوضه آبریز طشک - بختگان - مهارلو، مقادیر حدی سیلاب حداکثر لحظه‌ای بیشتری از مقادیر برآورد شده‌ی توزیع گامبل داشته‌اند.

شکل (۴) به مقایسه سری زمانی داده‌ها با شاخص ONI در حوضه طشک - بختگان - مهارلو پرداخته است. با توجه به این نتایج در ۷۰ درصد سال‌های وقوع النینو، میانگین حداکثر سیلاب لحظه‌ای از سیلاب میانگین بلندمدت در حوضه طشک - بختگان - مهارلو بیشتر است. سال‌های ۶۲-۱۳۶۱، ۸۲-۱۳۸۱ و ۸۹-۱۳۸۸ از رابطه‌ی همبستگی منفی نسبت به هم پیروی می‌کنند. سال‌های ۶۶-۱۳۶۵، ۷۱-۱۳۷۰ و ۷۴-۱۳۷۳ همبستگی مثبت بین حداکثر سیلاب لحظه‌ای و شاخص ONI نشان می‌دهد به طوری که مقادیر حداکثر سیلاب لحظه‌ای برای حوضه طشک - بختگان - مهارلو در این سال‌ها به ترتیب ۱۹۷/۴، ۱۸۳/۳ و ۱۷۸/۲ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.

تحلیل و بررسی داده‌های حداکثر سیلاب لحظه‌ای با استفاده از توزیع گامبل

تحلیل دیگر صورت گرفته در این تحقیق استفاده از توزیع گامبل (رابطه ۱) معروف به توزیع اکسترمم حدی، بوده است. از این توزیع برای تحلیل و بررسی پدیده‌ی اکسترمم سیلاب استفاده شده است.

برای این منظور با استفاده از مقادیر دوره بازگشت، انحراف معیار و میانگین به عنوان پارامترهای توزیع گامبل، اقدام به برآورد مقادیر سیلابی ایستگاه‌های هیدرومتری در سطح دو

جدول ۱. مقایسه دبی حداکثر سیلاب لحظه‌ای مشاهده‌ای و برآورد شده توزیع گامبل در حوضه گرگان‌رود- قره‌سو

ردیف	نام ایستگاه	سال‌های النینو		نام ایستگاه	ردیف	دبی (m ³ /s)	
		مشاهده‌ای	برآوردی			مشاهده‌ای	برآوردی
۱	تمر	۸۳-۸۴	۷۶-۷۷	سد گرگان	۱۰	۷۸۳	۴۰۱/۴۶
۲	گالیکش	۷۶-۷۷	۸۸-۸۹	امامزاده	۱۱	۷۶۰	۳۷۸/۶
۳	تیل آباد	۸۵-۸۶	۶۵-۶۶	بصیرآباد	۱۲	۲۸۰	۱۲۳/۲
۴	گنبد	۷۰-۷۱	۷۶-۷۷	نهار خوران	۱۳	۴۰۱	۳۴۵
۵	لزوره	۷۰-۷۱	۶۵-۶۶	غاز محله	۱۴	۱۸۱	۱۶۰
۶	پس پشته	۷۶-۷۷	۸۱-۸۲	حاجی قوشان	۱۵	۳۴۰	۳۲۹/۷
۷	نوده	۷۶-۷۷	۷۳-۷۴	سرمو	۱۶	۲۲۶	۲۰۵/۴
۸	اراز کوسه	۷۰-۷۱	۸۱-۸۲	سیاه آب	۱۷	۳۵۴	۲۴۱
۹	رامیان	۷۰-۷۱	۸۳-۸۴	خروجی سد کوثر	۱۸	۲۳۵	۱۷۶/۴
		۷۶-۷۷				۲۴۰	۱۷۶/۴

جدول ۲. مقایسه دبی حداکثر سیلاب لحظه‌ای مشاهده‌ای و برآورد شده توزیع گامبل در حوضه طشک - بختگان - مهارلو

نام ایستگاه	سال‌های النینو	دبی (m ³ /s)		نام ایستگاه	سال‌های النینو	دبی (m ³ /s)	
		مشاهده‌ای	برآوردی			مشاهده‌ای	برآوردی
۱ دهکده سفید (سفید)	۷۶-۷۷	۱۱۴	۹۴	۵ خسرو و شیرین	۶۶-۶۷	۱۹۲	۸۲/۸
۲ جمال بیگ خارستان	۷۶-۷۷	۱۵۳	۹۵/۹	۶ چنار	۷۳-۷۴	۵۹۸/۵	۷/۲۶۷
۳ چنار سوخته	۸۳-۸۴	۶۴/۹	۶۴/۶	۷ چنار سوخته اعظم	۶۵-۶۶	۱۱۷/۲	۴/۷۶
۴ پل فسا	۷۳-۷۴	۲۱۱	۱۱۰/۵	۸ تنگ بلاغی	۷۳-۷۴	۲۱۵/۱	۷/۱۸۴

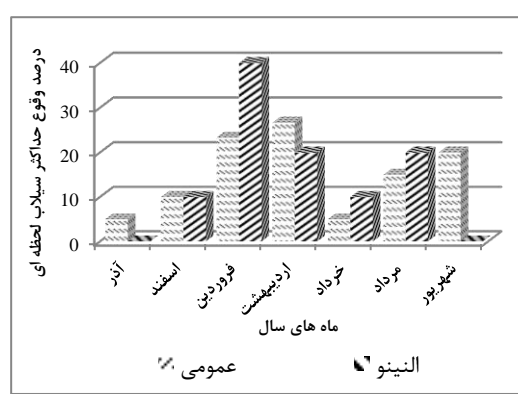
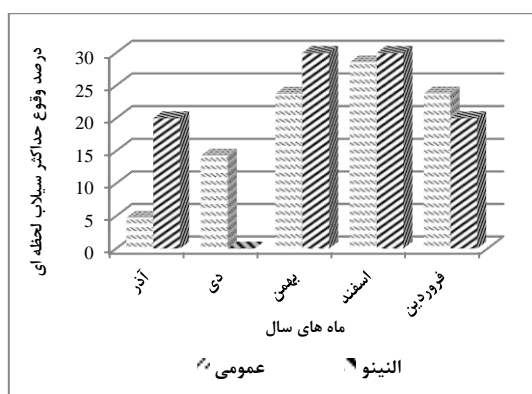
با دیگر ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه، از شرایط سیلابی در زمان وقوع النینو متأثر پذیرترند.

بررسی تغییرات زمانی بین زمان وقوع النینو و حالت خنثی منطقه

تحلیل دیگر صورت گرفته در این تحقیق بر روی داده‌های حداکثر سیلاب لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری بررسی و مقایسه تغییرات در بعد زمانی در دو فاز سال‌های وقوع النینو و فاز خنثی منطقه می‌باشد.

برای انجام این بررسی روش کار از این قرار است که در سطح منطقه مطالعاتی بیشترین فراوانی وقوع را در یک سال مشخص تعیین کرده و در نهایت به مقایسه دو فاز وقوع النینو و خنثی منطقه پرداخته شده است. نتایج مربوط به این تحلیل به ترتیب برای حوضه گرگان‌رود - قره‌سو و طشک - بختگان - مهارلو در شکل (۵ الف-ب) آورده شده است.

برای مقایسه این دو منطقه‌ی مطالعاتی با توجه به جداول (۱) و (۲) می‌توان مشاهده کرد که در ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه گرگان‌رود و قره‌سو و حوضه طشک - بختگان - مهارلو به ترتیب در ۱۸ و ۸ مورد ایستگاه، مقادیر حداکثر سیلاب لحظه‌ای برآورد شده توزیع گامبل از مقادیر مشاهده شده ایستگاه کمتر شده است. همچنین تعداد این واقعه در حوضه گرگان‌رود - قره‌سو با ۲۳ واقعه نسبت به حوضه آبریز طشک - بختگان - مهارلو با ۸ واقعه به مراتب بیشتر است. همچنین بیشترین نسبت مقادیر مشاهده شده به برآورد شده توزیع گامبل در حوضه گرگان‌رود - قره‌سو به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های تیل آباد، تمر، گالیکش، سد گرگان و نوده با مقادیر ۲/۳، ۲، ۲، ۱/۹ و ۱/۷ است که این ایستگاه‌های هیدرومتری را در زمان وقوع النینو سیلابی‌تر نشان می‌دهد. در حوضه طشک - بختگان - مهارلو، دو ایستگاه خسرو و شیرین و چنار به ترتیب با نسبت مقادیر مشاهده شده به برآورد شده توزیع گامبل ۲/۳ و ۲/۲ در مقایسه



شکل ۵. بررسی تأثیرات النینو بر روند تغییرات در الگوهای زمانی سیلاب حداکثر لحظه‌ای (الف) حوضه گرگان‌رود - قره‌سو (ب) حوضه طشک - بختگان - مهارلو

پدیده‌ی النینو اتفاق افتاده نسبت به شرایط خنثی این منطقه داراست. نتیجه‌ی دیگر دریافتی این است که در حالت خنثی در این منطقه، وقوع حداکثر سیلاب در ماه‌های شهریور و آذر رخ

با توجه به شکل (۵ الف) می‌توان نشان داد که از بعد زمانی، وقوع سیلاب حداکثر لحظه‌ای در حوضه آبریز گرگان‌رود و قره‌سو افزایش ۲۰ درصدی در ماه فروردین را در سال‌هایی که

سرما و خنثی است. فاز گرما را النینو و فاز سرما را لانینو می‌نامند. شاخص‌های اندازه‌گیری پدیده‌ی ENSO شاخص ONI و شاخص SOI است. در این مقاله به بررسی تأثیر فاز گرم این پدیده بر متغیر هیدرولوژیکی سیلاب حداکثر لحظه‌ای در دو اقلیم مرطوب و مدیترانه‌ای (حوضه گرگان‌رود - قره‌سو) و خشک و نیمه خشک (حوضه طشک - بختگان - مهارلو) پرداخته شد. در مقاله حاضر از توزیع حدی گامبل و بررسی تغییرات زمانی در دو فاز خنثی و وقوع النینو استفاده شد. توزیع گامبل با ۲۳ واقعه برای حوضه گرگان‌رود - قره‌سو و ۸ واقعه برای حوضه طشک - بختگان - مهارلو تأثیر ENSO را بر سیلاب حداکثر لحظه‌ای نشان داد. از لحاظ تغییرات زمانی تأثیر این پدیده، در حوضه گرگان‌رود - قره‌سو پراکندگی زمانی و تعداد ماه‌های متأثر نسبت به حوضه دیگر بیشتر است. در نهایت به طور کلی فاز مثبت ONI در سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای حوضه گرگان‌رود - قره‌سو نسبت به حوضه طشک - بختگان - مهارلو تأثیرگذارتر است. از همین رو، در زمان وقوع فاز گرم ENSO می‌توان به مراتب تمهیدات بیشتری را در زمینه‌ی مقابله با سیلاب‌ها و اثرات مخرب آن در حوضه گرگان‌رود - قره‌سو نسبت به حوضه طشک - بختگان - مهارلو اتخاذ نمود.

سیاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه تهران به خاطر تأمین امکانات لازم جهت انجام این تحقیق و تهیه مقالات مربوطه تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCE

- Aalto, R., Maurice-Bourgoin, L., Dunne, T., Montgomery, D. R., Nittrouer, C. A., & Guyot, J. L. (2003). Episodic sediment accumulation on Amazonian flood plains influenced by El Nino/Southern Oscillation. *Nature*, 425(6957), 493-497.
- Allen, J. T., Tippett, M. K., & Sobel, A. H. (2015). Influence of the El Niño/Southern Oscillation on tornado and hail frequency in the United States. *Nature Geoscience*, 8(4), 278-283.
- Cayan, D. R., Redmond, K. T., & Riddle, L. G. (1999). ENSO and hydrologic extremes in the western United States*. *Journal of Climate*, 12(9), 2881-2893.
- Chiew, F. H., & McMAHON, T. A. (2002). Global ENSO-streamflow teleconnection, streamflow forecasting and interannual variability. *Hydrological Sciences Journal*, 47(3), 505-522.
- Dezfooli D, Abdollahi B, Hosseini-Moghari S M, Ebrahimi K. (2018). Comparing high-resolution satellite precipitation estimates with gauge measured data, Case study: Gorganrood basin, Iran. *Journal of Water Supply: Research and Technology*. DOI: 10.2166/aqua.2018.062.
- Fu, C., James, A. L., & Wachowiak, M. P. (2012). Analyzing the combined influence of solar activity and El Niño on streamflow across southern Canada. *Water Resources Research*, 48(5).
- Gumbel, E. J. (1954). Statistical theory of extreme values and some practical applications: a series of lectures (No. 33). US Govt. Print. Office.
- Kahya, E., & Çağatay Karabörk, M. (2001). The analysis of El Nino and La Nina signals in streamflows of Turkey. *International Journal of Climatology*, 21(10), 1231-1250.
- Kahya, E., & Dracup, J. A. (1994). The influences of type 1 El Nino and La Nina events on streamflows in the Pacific southwest of the United States. *Journal of Climate*, 7(6), 965-976.
- Kovats, R. S. (2000). El Niño and human health. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1127-1135.
- Lee, J. H., & Julien, P. Y. (2017). Influence of the El Niño/Southern Oscillation on South Korean streamflow variability. *Hydrological Processes*.
- Meidani, E., & Araghinejad, S. (2014). Long-lead

داده است در صورتی که در سال‌های النینو هیچ سیلاب حداکثری در این ماه‌ها به ثبت نرسیده است و به وقوع نپیوسته است. قسمت ب شکل (۵) برای حوضه طشک - بختگان - مهارلو نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی‌ها در دو فاز وقوع النینو و فاز خنثی در منطقه مربوط به ماه‌های بهمن و اسفند بوده است و در این ماه‌ها تغییر خاصی مابین دو فاز مذکور مشاهده نمی‌شود. ولی در ماه آذر با وقوع پدیده النینو، فراوانی سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای در سطح منطقه افزایش پیدا کرده است در صورتی که در همین شرایط برای ماه دی معکوس عمل می‌کند و وقوع النینو در سطح منطقه در دی‌ماه با کاهش شدید همراه بوده است. در نهایت با مقایسه دو حوضه مورد مطالعه در دو فاز مذکور می‌توان دریافت که حوضه گرگان‌رود - قره‌سو با وقوع پدیده النینو دارای پراکندگی زمانی بوده و تعداد ماه‌های متأثر از این پدیده در این حوضه نسبت به حوضه طشک - بختگان - مهارلو بیشتر است. به طور کلی می‌توان بیان کرد که وقوع این پدیده در سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای حوضه گرگان‌رود - قره‌سو نسبت به حوضه طشک - بختگان - مهارلو تأثیرگذارتر بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

پدیده ENSO تغییرات زیادی را بر متغیرهای هواشناسی و به طبع آن متغیرهای هیدرولوژیکی، از قبیل سیلاب لحظه‌ای حداکثر در سطح منطقه دارد. این پدیده دارای سه فاز گرما،

- streamflow forecasting in the southwest of Iran by sea surface temperature of the Mediterranean Sea. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(8), 05014005.
- Munoz, S. E., & Dee, S. G. (2017). El Niño increases the risk of lower Mississippi River flooding. *Scientific Reports*, 7(1), 1772.
- Nazemosadat, M. J., & Ghasemi, A. R. (2004). Quantifying the ENSO-related shifts in the intensity and probability of drought and wet periods in Iran. *Journal of Climate*, 17(20), 4005-4018.
- Orlove, B. S., Chiang, J. C., & Cane, M. A. (2000). Forecasting Andean rainfall and crop yield from the influence of El Niño on Pleiades visibility. *Nature*, 403(6765), 68-71.
- Power, S., Delage, F., Chung, C., Kociuba, G., & Keay, K. (2013). Robust twenty-first-century projections of El Niño and related precipitation variability. *Nature*, 502(7472), 541-545.
- Rimbu, N., Dima, M., Lohmann, G., & Stefan, S. (2004). Impacts of the North Atlantic Oscillation and the El Niño–Southern Oscillation on Danube river flow variability. *Geophysical Research Letters*, 31(23).
- Shin, H. S. (2002). Do el Niño and La Niña have influences on South Korean hydrologic properties. In *Proceedings of the 2002 Annual Conference, Japan Society of Hydrology and Water Resources* (pp. 276-282).
- Varikoden, H., Al-Shukaili, H. S. A., Babu, C. A., & Samah, A. A. (2016). Rainfall over Oman and its teleconnection with El Niño Southern Oscillation. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(8), 1-8.
- Webb, R. H. (1992). El Niño/Southern Oscillation and streamflow in the western United States. *El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*, H. E Diaz and V. Markgraf, Eds., Vol. 44.
- Zubair, L. (2003). El Niño–southern oscillation influences on the Mahaweli streamflow in Sri Lanka. *International Journal of Climatology*, 23(1), 91-102.