

اثر الگوی کلان مقیاس جوی - اقیانوسی انسو بر آبدی دبی کشکان رود

بهروز نصیری^۱

محمد حسین ناصرزاده^۲

میثم طولابی نژاد^{۳*}

زهرا زارعی چقابلکی^۴

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر الگوی جوی - اقیانوسی انسو، به عنوان یک عامل تأثیرگذار در شرایط هیدرولوژیکی کشکان رود به انجام رسیده است. در این راستا ابتدا داده‌های مربوط به الگوی نوسان جنوبی از سایت دانشگاه East Anglia برای دوره‌ی آماری ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۰ و داده‌های مربوط به دبی سالانه‌ی کشکان رود نیز از منابع زیربند گردآوری شد. سپس با استفاده از تحلیل همبستگی پیرسون در سطح حداقل معنی‌داری ۰/۹۹ درصد ($p_value=0.01$) ارتباط داده‌های مذکور، به صورت ماهانه و سالانه تحلیل گردید. همچنین برای ارزیابی اثر فازهای سرد و گرم این الگوی کلان مقیاس جوی، داده‌های دبی سالانه بر اساس فازهای مذکور ماهانه تفکیک شده و با اجرای آزمون $t_student$ دو طرفه‌ی مستقل، معنی‌دار بودن تفاوت داده‌های دبی سالانه در فازهای گرم و سرد انسو، بررسی شد. در نهایت با استفاده از تحلیل نقشه‌های سینوپتیک، علت و رابطه‌ی جوی بین داه‌ها، مورد واکاوی قرار گرفت. نتایج گویای همبستگی قوی و معنی‌دار دبی کشکان رود در طی سه ماه اکتبر، نوامبر و دسامبر با شاخص انسو می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از تحلیل نقشه‌های سینوپتیک نشان‌دهنده‌ی افزایش حدود ۲۶ درصد بارش‌های پاییزی حوضه‌ی کشکان رود در سال‌های با حاکمیت فاز گرم انسو (ال نینو)، نسبت به بلندمدت است. ولی در طی فاز سرد (لانینا)، بارش‌های پاییزی در منطقه‌ی مورد مطالعه حدود ۱۰/۵ درصد کمتر از حالت نرمال بوده است. اجرای آزمون t مستقل دوطرفه بر روی دبی سالانه نشان داد که طی سال‌های همراه با فاز گرم انسو، متوسط دبی سالانه‌ی کشکان رود ۳۵ درصد بالاتر از سال‌هایی است که فاز سرد انسو یعنی لانینا حاکم بوده است.

واژگان کلیدی: شاخص نوسان جنوبی؛ دبی؛ النینو؛ لانینا؛ کشکان رود.

۱- استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

۲- استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه خوارزمی تهران، ایران.

۳- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

۴- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

مقدمه

تغییرات فصلی اقلیم کره‌ی زمین تحت تأثیر تغییرات الگوهای بزرگ مقیاس گردش جوی- اقیانوسی هستند. پدیده‌ی انسو یکی از مهمترین عوامل تغییردهنده‌ی اقلیم در مقیاس جهانی است که با به وجود آوردن پدیده‌های النینو و لانینا تغییراتی را در اقلیم مخصوصاً توزیع زمانی مکانی بارش به وجود می‌آورد (قویدل رحیمی، ۱۳۸۳: ۷۱). پدیده‌ی انسو^۱ مهم‌ترین برهم‌کنش پیچیده‌ی اقیانوس و جو است و از ترکیب دو واژه ال نینو (ELnino) و نوسان جنوبی (Southern Oscillation) گرفته شده که ال نینو مؤلفه اقیانوسی و نوسان جنوبی مؤلفه‌ی اتمسفری این پدیده است و سبب تغییرات اقلیمی جهانی در مقیاس بین سالانه^۲ می‌شود (بیرتزاوغلو و همکاران^۳، ۲۰۱۱: ۳۳۸). این پدیده با گرم و سرد شدن دمای سطح آب (النینو) و تغییرات فشار سطح دریا (نوسان جنوبی) در امتداد شرقی و غربی اقیانوس آرام استوایی (که کانون اصلی پدیده انسو است) در ارتباط است و کم و بیش بر آب و هوای جهان تأثیر می‌گذارد (ساریکواتس^۴، ۱۹۹۹: ۱۲۰). فاز گرم انسو را النینو و فاز سرد آن را لانینا گویند. انسو این توانایی را دارد که تغییرات دمایی و بارشی قابل ملاحظه‌ای را در نواحی بسیار دورتر از کانون فعالیت خود، بر آب و هوای منطقه تحمیل نماید. تغییرات آب و هوایی ناشی از انسو بعد از تغییرات اقلیمی فصلی (جابجایی فصول اقلیمی هر منطقه) مهم‌ترین تغییرات آب و هوایی درون سالی در هر منطقه به حساب می‌آیند (بروما^۵، ۱۹۹۷: ۲۱۰).

پدیده‌ی انسو به عنوان یکی از سازوکارهای اصلی تغییرات درون سالی آب و هوای مناطق مختلف زمین، با ایجاد ناهنجارهای آب و هوایی به طور قابل توجهی در مناطق مختلف تأثیرگذار است (ناظم‌السادات، ۱۳۸۷: ۲۶۵). لذا محققان متعددی کوشیده‌اند تا با تبیین ارتباط بین دبی سالانه در مقیاس‌های زمانی مختلف و پدیده‌ی جوی- اقیانوسی انسو، بتوانند سیستمی پیش هشدار مبتنی بر این سیگنال اقلیمی برای دبی‌های حداقلی ارائه بدهند تا بر اساس آن دوره‌های زمانی با میزان حداقل قابل پیش‌بینی و برنامه‌ریزی باشد. از این مطالعات می‌توان به تحقیق هایدای و همکاران (۲۰۰۰) درباره‌ی نفوذ شاخص نوسان اطلس شمالی در دو رودخانه‌ی دجله و فرات اشاره کرد. نتایج مطالعه‌ی آنها نشان داد که به طور کلی شرایط بارش و دمای زمستانه در ترکیه (دسامبر تا مارس) تحت تأثیر تغییرات درون سالی آب و هوایی بر روی رودخانه‌ی دجله و فرات به عنوان یک منبع تأمین‌کننده‌ی آب در مناطق ترکیه، سوریه و عراق است و این تغییرات با شاخص NAO و اقیانوس اطلس در ارتباط است؛ همانطور که بررسی‌های انجام شده بر روی سری‌های زمانی بارش و

1- Elnino/Southern Oscillation (ENSO)

2- Interannual

3- Bezirtzoglou et al,

4- Sari Kovats

5- Bouma

دمای ترکیه ارتباط روند کاهشی در طول دهه‌ی ۱۹۸۰ با فاز مثبت شاخص NAO در آن زمان را تأیید می‌کند. کارآموز و زهرایی (۲۰۰۴)، با استفاده از سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی و بیلان برفی، جریان‌های فصلی مربوط به رودخانه‌ی سالت^۱ مربوط به ایالت آریزونا را پیش‌بینی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ارتباط تنگاتنگی بین سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی و سطح پوشش برف و جریان رودخانه در این حوضه وجود دارد. توین و همکاران^۲ (۲۰۰۵)، در تحقیقی با عنوان اثر ال نینو - نوسان جنوبی در تعادل آب و جریان در حوضه‌ی رودخانه‌ی می‌سی‌سی‌پی، نتیجه گرفتند که در هنگام رخداد پدیده‌ی انسو ناهنجاری‌های قابل توجهی در داخل حوضه‌ی می‌سی‌سی‌پی رخ داده است؛ اما این الگوهای هیدرولوژیکی با فصل، محل و فاز ENSO متفاوت می‌باشند. آبتیو و همکاران^۳ (۲۰۰۹)، ارتباط ال نینو - نوسانات جنوبی با هیدرولوژی حوضه‌ی رودخانه‌ی نیل آبی را بررسی و به این نتیجه رسیدند که بارش و جریان بالا در لائینا و سال‌های خشک در ال نینو رخ می‌دهد. قحطی بزرگ اتیوپی ۱۸۸۸-۱۸۹۲ مربوط به یکی از قوی‌ترین سال‌های ال نینو بوده است. ماسی و همکاران^۴ (۲۰۱۱)، نشان دادند که جریان رودخانه‌ی سن^۵ طی دوره ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۸ از روند افزایشی معنی‌داری برخوردار بوده است. با مقایسه میان تغییرات شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO) و ناهنجاری‌های جریان سالانه‌ی سن^۶ و تشخیص روند بسیار مشابه NAO و جریان سالانه نتیجه گرفتند که میان NAO و فرآیند آب‌شناختی این منطقه رابطه‌ی احتمالی وجود دارد و تأثیر علایم NAO بر دبی رودخانه‌ی سن قوی است. اوکونکو^۷ و همکاران (۲۰۱۴)، با بررسی تغییرات سطح اساس دریاچه‌ی چاد به این نتیجه رسیدند که تنها ۳۱ درصد از تغییرات سطح اساس مربوط به پدیده‌ی انسو است. وارد^۸ و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی حساسیت‌پذیری سیل‌های سالانه در مقیاس جهانی دریافتند، در مناطقی که هر ساله درگیر سیل‌اند، این سیل‌ها با لائینا تشدید و در مواقع ال نینو کاهش پیدا می‌کنند؛ یعنی در مواقع شاخص مثبت ENSO سیل در این مناطق ۳ برابر بیشتر از حالت عادی اتفاق می‌افتد.

در ایران نیز تحقیقاتی در این زمینه به صورت موردی صورت پذیرفته که چند نمونه از آنها در ادامه ذکر

شده است:

-
- 1- Salt
 - 2- Twein et al.,
 - 3- Abtew et al.,
 - 4- Massei et al.,
 - 5- Sen River
 - 6- Sen
 - 7- Okonkwo
 - 8- Ward

قربانی‌زاده خرازی و همکاران (۱۳۸۵)، ارتباط بین پدیده‌ی انسو، بارش، سطح برف و دما با دبی متوسط رودخانه‌ی کارون در ایستگاه هیدرومتری پل شالو در حوضه‌ی کارون را بررسی نموده و دریافتند ارتباط بین شاخص انسو و دما با دبی متوسط رودخانه معنی‌دار نیست؛ اما ارتباط بین سطح پوشیده از برف و بارش با دبی متوسط رودخانه معنی‌دار و منطقی است. حق‌نگهدار و همکاران (۱۳۸۶)، نیز در تحقیقی دیگر با بررسی تأثیر پدیده‌ی ENSO بر احتمال، بزرگی و شدت وقوع AMF (احتمال \times بزرگی) در دوره‌ی اسفند - فروردین، به عنوان مهم‌ترین دوره‌ی وقوع AMF به این نتیجه رسیدند که با وقوع پدیده‌ی ال نینو در حوضه‌های دز و کارون برای ماه‌های اسفند و فروردین، احتمال وقوع مقادیر AMF بیشتر از متوسط حالت خنثی وجود دارد. این امر در مورد پدیده‌ی لانینا برعکس است. همچنین، شدت تغییرات AMF در حالت ال نینو بیش از لانینا است. حیدری و همکاران (۱۳۸۸)، تأثیر انسو بر میزان آبدهی چهار رودخانه‌ی استان آذربایجان غربی شامل نازلوچای، سیمینه‌رود، مهابادچای و زاب کوچک طی دوره‌ی آماری ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ را مطالعه نمودند. نتایج نشان داد وقوع پدیده‌ی النینو و لانینا در ۷۰ درصد موارد به ترتیب باعث افزایش و کاهش میانه‌ی دبی رودخانه‌ها می‌شود. همچنین احتمال وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی در دوران النینو کمتر و در دوران لانینا بیشتر از دوران پایه است. انصاری (۱۳۹۰)، با بررسی اثر نوسانات اقلیمی بر تغییرات دبی رودخانه‌ی کاجو و اثرات آن بر کشاورزی منطقه باهوکلات در استان سیستان و بلوچستان به این نتیجه رسید که رابطه‌ی معناداری بین نوسانات عناصر اقلیمی و دبی رودخانه وجود داشته است. رابطه‌ی بین دبی و کشاورزی (سطح زیر کشت و تولید سالانه) نیز رابطه‌ی معناداری است. بین نوسانات عناصر اقلیمی و کشاورزی (سطح زیر کشت و تولید سالانه) هیچ‌گونه رابطه‌ای وجود ندارد. فتاحی و همکاران (۱۳۹۱)، جریان رودخانه‌های کارون شمالی را با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی پیش‌بینی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که سیگنال‌های ENSO در ناحیه NINO2 و NINO3 به عنوان موثرترین سیگنال بر تغییرات جریان رودخانه‌های ارمند و بازفت هستند و برای پیش‌آگاهی از وضعیت دبی رودخانه‌های کارون شمالی می‌توان از سیگنال‌های فوق استفاده کرد. یزدانی و همکاران (۱۳۹۲)، با بررسی تأثیر پدیده‌ی انسو بر آبدهی رودخانه‌های شهرستان ساوه نتیجه گرفتند که وقوع پدیده‌ی النینو و لانینا در ۷۰ درصد موارد به ترتیب باعث افزایش و کاهش میانه دبی رودخانه‌ها می‌شود. همچنین احتمال وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی در دوران ال نینو کمتر و در دوران لانینا بیشتر از دوران پایه می‌باشد. خدافل و همکاران (۱۳۹۲)، با بررسی ارتباط شاخص‌های پیوند از دور SOI و NAO با خشکسالی حوضه‌ی آبخیز زاینده‌رود نتیجه گرفتند که بارندگی ایستگاه‌های میمه، فریدن،

فریدون‌شهر، داران، چادگان و کوه‌رنگ همبستگی منفی معنی‌داری با علایم SOI دارد، در حالی که ایستگاه‌های شهرضا و فریدون‌شهر همبستگی منفی معنی‌داری با علایم NAO دارند.

با توجه به مطالب ذکر شده، یکی از سؤال‌هایی که عموماً توسط دست‌اندرکاران مسائل آب و هواشناسی مطرح می‌شود این است که آیا این پدیده در کشور ما و در مقیاس کوچک‌تر در سطح یک حوضه‌ی آبخیز اثراتی دارد یا نه؟ آیا می‌توان ارتباطی بین پدیده‌ی انسو و تغییرات معنی‌دار جریانات سطحی رودخانه‌ها پیدا کرد؟ با هدف رسیدن به پاسخ چنین پرسش‌هایی مطالعه‌ی حاضر انجام گرفت تا در حد امکانات و اطلاعات آماری موجود به بررسی اثر انسو و ارتباط آن با آبدهی رودخانه‌ی کشکان پرداخته شود.

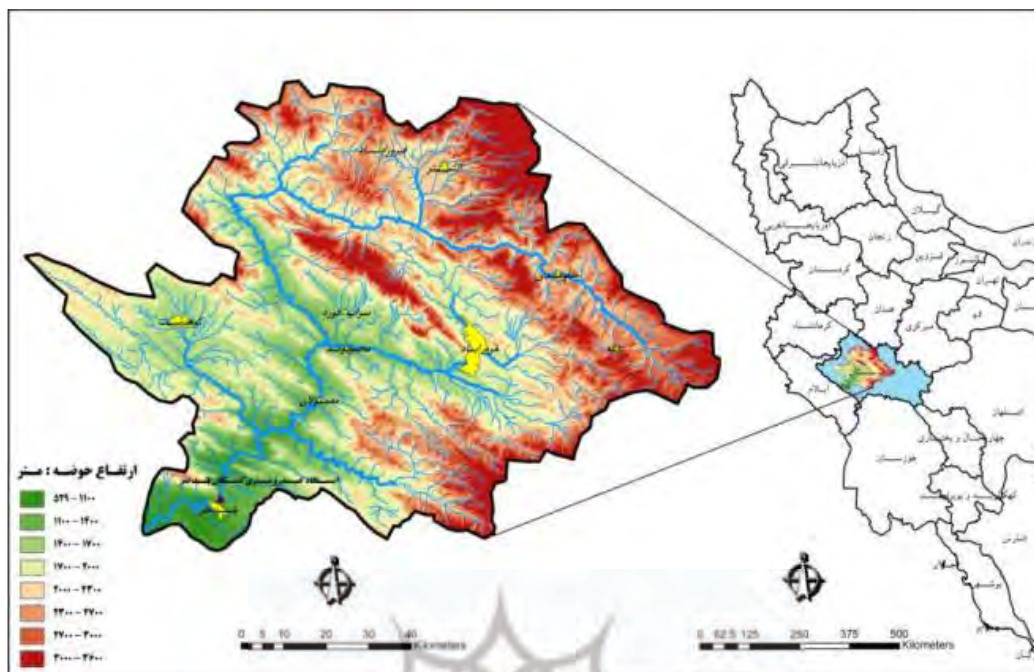
مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی ما حوضه‌ی آبخیز کشکان از زیرحوضه‌های آبریز کرخه است که از طول جغرافیایی ۱۰' ۴۷° تا ۴۹° درجه‌ی شرقی و از عرض جغرافیایی ۲' ۳۳° تا ۳' ۳۴° درجه‌ی شمالی گسترده شده است. این حوضه بیش از یک سوم خاک استان لرستان یعنی حدود ۹۵۶۰ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد که شهرستان‌های خرم‌آباد، کوه‌دشت، الشتر و پلدختر داخل آن قرار دارند (سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان، ۱۳۹۰). با توجه به اینکه حوضه‌ی مورد مطالعه در منطقه‌ی زاگرس واقع شده است، توپوگرافی کوهستانی و پرشیب دارد. بنابراین با وجود ارتفاعات، بارندگی‌ها به سرعت به جریانات سطحی تبدیل شده و بر حجم رواناب‌ها افزوده شده و در پی آن سیلاب‌های خطرناکی در این حوضه به راه می‌افتد (کرمی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۱). این رودخانه در ۲۵ کیلومتری جنوب شهر پلدختر در محل پل گاومیشان با رودخانه‌ی سیمره تلاقی پیدا کرده و رودخانه‌ی کرخه را تشکیل می‌دهند. سرشاخه‌های آن در تأمین آب کشاورزی شهرستان‌های الشتر، خرم‌آباد و پلدختر نقش بسیار مهمی دارد؛ به طوری که حدود ۸۲ درصد از اراضی کشاورزی شهرستان پلدختر، توسط رودخانه‌ی کشکان تأمین می‌شود (ناصرزاده و طولابی‌نژاد، ۱۳۹۴: ۱۲۱).

جدول (۱) مشخصات ایستگاه هیدرومتری کشکان پلدختر

ایستگاه	رود	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ایستگاه	مساحت حوضه (Km ²)
کشکان پلدختر	کشکان	۴۷/۴۳	۳۳/۹	۶۵۰	۹۵۶۰



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی کشکان رود

در این تحقیق از دو دسته داده شامل داده‌های مربوط به دبی سالانه‌ی کشکان رود و داده‌های مربوط به الگوی پیوند از دور نوسان جنوبی استفاده شده است. داده‌های دبی کشکان رود در بازه‌ی زمانی ۲۷ ساله از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۰ در ایستگاه هیدرومتری کشکان پلدختر از سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان اخذ گردید. همچنین داده‌های مربوط به شاخص نوسان جنوبی شامل فشار سطح دریا (SLP)^۱ در دو ایستگاه تاهیتی و داروین از تارنمای دانشگاه East Anglia اخذ گردید^۲. در این مرکز از روش روپسکی و جونز^۳ برای محاسبه‌ی شاخص SOI استفاده شده است.

شاخص نوسان جنوبی عبارت است از اختلاف فشار سطح دریا بین دو ایستگاه تاهیتی واقع در شرق اقیانوس

آرام جنوبی و جزایر داروین در شمال استرالیا واقع در غرب اقیانوس آرام که از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$SOI = \frac{ST - SD}{MSD} \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

شاخص نوسان جنوبی SOI، که شاخص نوسان جنوبی و ST و SD به ترتیب عبارتند از: فشار استاندارد شده سطح دریا در موقعیت ایستگاه‌های تاهیتی و داروین که به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

1- Sea Level Pressure(SLP).

2- <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/soi/>.

3- Ropelewski and Jones (1987)

$$\text{رابطه‌ی (۲)} \quad ST = \frac{\text{ActualTahitiSLP} - \text{MeanTahitiSLP}}{SDT}$$

$$\text{رابطه‌ی (۳)} \quad SD = \frac{\text{ActualDarwinSLP} - \text{MeanDarwinSLP}}{SDD}$$

در روابط فوق SDT و SDD به ترتیب عبارتند از انحراف معیار فشار سطح دریا برای دو ایستگاه تاهیتی و داروین^۱:

$$\text{رابطه‌ی (۴)} \quad SDT = \left(\frac{\sum (\text{actual Tahiti SLP} - \text{mean Tahiti SLP})^2}{N} \right)^{1/2}$$

$$\text{رابطه‌ی (۵)} \quad SDD = \left(\frac{\sum (\text{actual Darwin SLP} - \text{mean Darwin SLP})^2}{N} \right)^{1/2}$$

در این روابط N عبارت است از تعداد ماه‌های دوره آماری و در نهایت MSD در رابطه‌ی (۱) نیز عبارت است از انحراف معیار ماهانه‌ی دریا بین دو ایستگاه تاهیتی و داروین در بلندمدت.

$$\text{رابطه‌ی (۶)} \quad MSD = \sqrt{\frac{\sum (\text{Standardized Tahiti} - \text{Standardized Darwin})^2}{N}}$$

در صورتی که مقدار عددی شاخص SOI مثبت باشد، یعنی میزان فشار تاهیتی بالاتر از فشار داروین باشد، فاز سرد یا لانینا حاکم بوده و در صورتی که میزان فشار سطح دریا در موقعیت داروین بالاتر باشد، مقدار عددی شاخص SOI منفی شده و فاز گرم یا النینو حاکم است (علیچانی، ۱۳۹۱:۱۴۱).

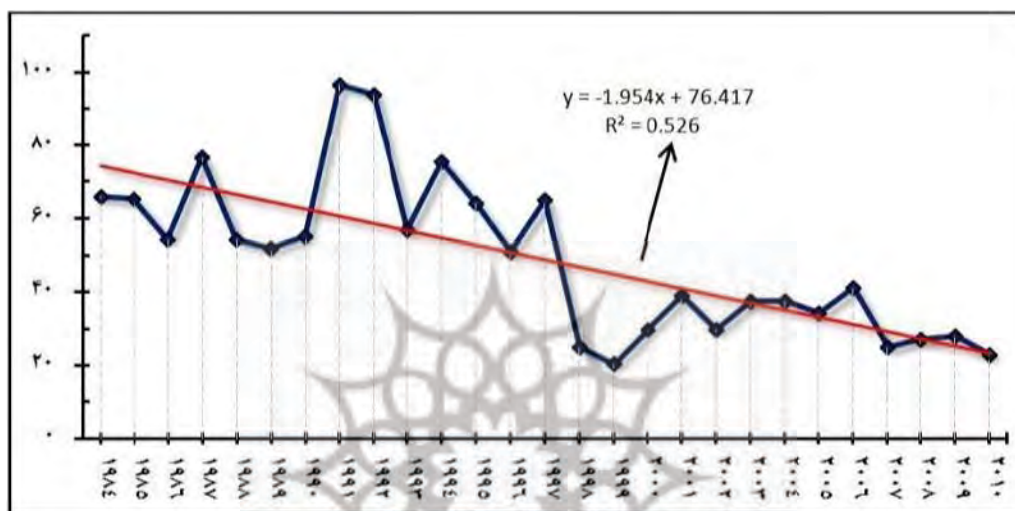
برای تحلیل ارتباط بین شاخص نوسان جنوبی به عنوان مهم‌ترین عوامل تغییرات آب و هوایی درون سالی (بعد از تغییرات آب‌وهوایی ناشی از جابجایی فصول سال) از تحلیل همبستگی پیرسون در سطح حداقل معنی‌داری، ۰/۹۹ (P_value = 0.01) استفاده گردید. در ادامه برای تبیین تفاوت معنی‌داری بین میزان دبی کشکان‌رود و سال‌های با حاکمیت فاز گرم (النینو) و فاز سرد (لانینا)، ابتدا ماه‌های دارای همبستگی معنی‌دار با میزان دبی تفکیک و سپس از آزمون t-student مستقل دوطرفه^۲ استفاده شد. همچنین برای مقایسه‌پذیر شدن داده‌های دبی و شاخص انسو از آماره‌ی Z استاندارد استفاده گردید. در نهایت، جهت اثبات ارتباط موجود بین داده‌ها، نقشه‌های آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ (برحسب متر)، بارش ماهانه (برحسب سانتی‌متر در ماه) و دمای سطح دریا (برحسب درجه‌ی سانتی‌گراد)، طی دو فاز مذکور ترسیم شده و بر روی آنها تحلیل انجام گرفت.

1- Standard Deviation Tahiti(SDT) & Standard Deviation Darwin (SDD).

2- Two-Tail Independent T-Test

بحث و نتایج

در شکل (۱) مجموع دبی سالانه‌ی کشکان رود، طی دوره‌ی آماری ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۰ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، بالاترین مقدار دبی مربوط به سال ۱۹۹۲ است. میزان دبی ثبت شده در این سال به ۹۴ متر مکعب در ثانیه رسیده است؛ در حالی که در سال ۱۹۹۹ کمترین میزان دبی سالانه‌ی ثبت شده برابر ۲۰/۵ متر مکعب در ثانیه بوده است.



شکل (۲) میزان دبی سالانه‌ی کشکان رود بر حسب متر مکعب در ثانیه

جهت تحلیل ارتباط شاخص نوسان جنوبی با دبی کشکان رود، ابتدا با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون، ارتباط دبی کشکان در ایستگاه هیدرومتری پلدختر در بازه‌ی زمانی سالانه و ماهانه مورد واکاوی قرار گرفت (جدول ۲). همانطور که مشاهده می‌گردد، میزان همبستگی دبی سالانه با تمامی ماه‌های سال منفی است. یعنی سال‌هایی که میزان دبی در آنها بالاتر بوده، در واقع سال‌هایی بوده‌اند که در آنها فاز گرم (النینو) حاکم بوده است؛ در حالی که در سال‌های دارای مقادیر مثبت و بالای شاخص نوسان جنوبی (سال‌های همراه با فاز سرد)، دبی سالانه پایین‌تر از متوسط سالانه بوده است. بر اساس جدول (۲)، میزان همبستگی دبی سالانه‌ی کشکان رود با شاخص نوسان جنوبی ماهانه، تنها در سه ماه، اکتبر، نوامبر و دسامبر معنی‌دار قوی است که به ترتیب برابر $-0/57$ ، $-0/52$ و $-0/58$ می‌باشد. در سایر ماه‌ها، همبستگی معنی‌داری بین دبی و شاخص نوسان جنوبی مشاهده نگردید.

جدول (۲) میزان همبستگی رخداد سالانه‌ی دبی و شاخص ماهانه‌ی نوسان جنوبی

ماه	میزان همبستگی	Sig
اکتبر	$-0/57$	$0/001$
نوامبر	$-0/52$	$0/003$
دسامبر	$-0/58$	$0/001$

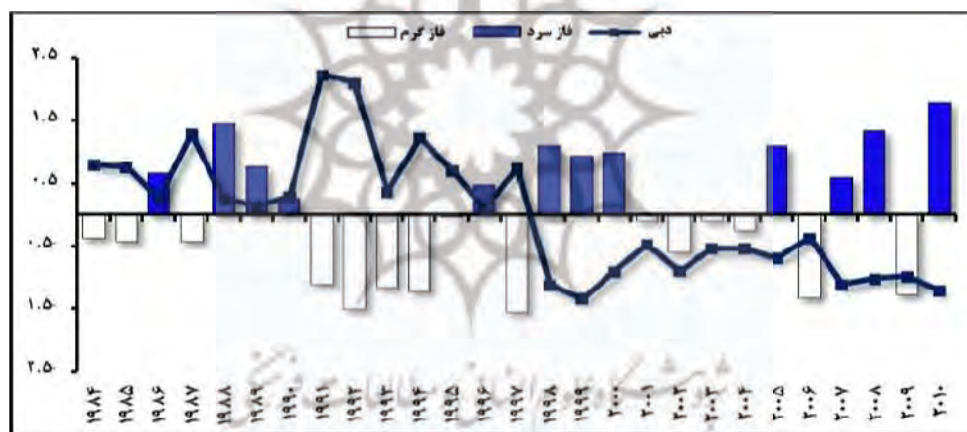
برای آشکارسازی تفاوت معنی‌دار بین سری زمانی دبی در سال‌های همراه با حاکمیت فاز گرم، نسبت به تعداد رخدادهای سال‌های با حاکمیت فاز سرد، از آزمون T-student مستقل دو طرفه استفاده گردید. ابتدا داده‌های مربوط به دبی بر اساس فازهای سرد و گرم ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر تفکیک شدند (جدول ۳). بعد از تفکیک داده‌های دبی سالانه بر اساس فازهای گرم و سرد، آزمون T-student مستقل دو طرفه بر روی دو سری تفکیک شده‌ی رخداد سالانه‌ی دبی اجرا گردید تا مشخص شود که آیا دبی سالانه‌ی کشکان‌رود با سال‌های حاکمیت فاز گرم یا سرد تفاوت معنی‌داری باهم دارند یا خیر؟ تا بر اساس آن نتیجه گرفت که آیا این تفاوت ناشی از تأثیرگذاری شاخص نوسان جنوبی بوده است یا تفاوت بین آنها ناچیز و ناشی از تصادف بوده است؟

جدول (۳) تفکیک رخداد سالانه‌ی دبی کشکان‌رود طبق فازهای گرم و سرد شاخص نوسان جنوبی در فصل پاییز

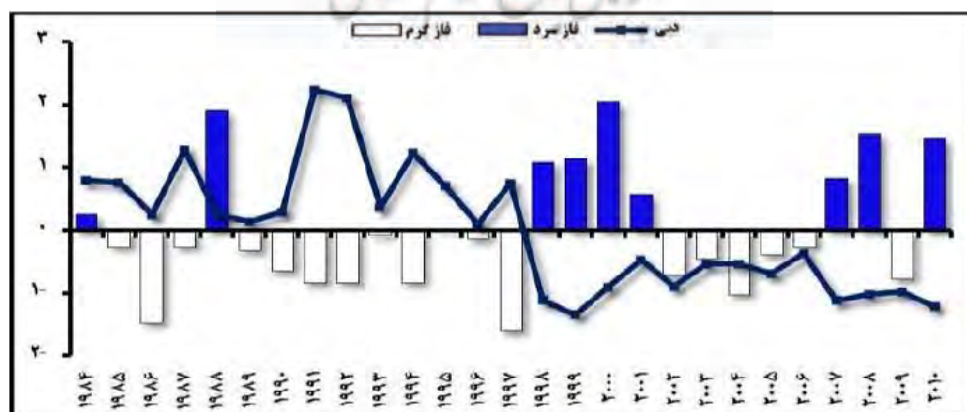
ماه دسامبر		ماه نوامبر		ماه اکتبر	
فاز سرد	فاز گرم	فاز سرد	فاز گرم	فاز سرد	فاز گرم
میزان دبی سالانه	میزان دبی سالانه	میزان دبی سالانه	میزان دبی سالانه	میزان دبی سالانه	میزان دبی سالانه
۶۵/۲	۶۶	۶۵/۲	۶۶	۵۴/۳	۶۶
۵۴/۴	۵۴/۳	۵۴/۳	۵۴/۴	۵۴/۴	۶۵/۲
۵۶/۸	۷۶/۵	۷۶/۵	۵۶/۸	۵۲	۷۶/۵
۵۱/۱	۵۲	۵۲	۶۴	۵۵/۳	۹۶/۷
۲۵/۲	۵۵/۳	۵۵/۳	۲۵/۲	۵۱/۱	۹۴
۲۰/۵	۹۶/۷	۹۶/۷	۲۰/۵	۲۵/۲	۵۶/۸
۲۹/۸	۹۴	۹۴	۲۹/۸	۲۰/۵	۷۵/۳
۳۷/۵	۷۵/۳	۷۵/۳	۳۸/۹	۲۹/۸	۶۴
۳۴/۲	۲۰۰۵	۲۰۰۵	۲۵/۲	۳۴/۲	۲۰۰۵
۲۵/۲	۲۰۰۷	۲۵/۲	۲۷/۲	۲۵/۲	۳۸/۹
۲۷/۲	۳۸/۹	۳۸/۹	۲۳	۲۷/۲	۲۰۰۸
۲۳	۲۹/۹	۲۹/۹	۲۳	۲۳	۲۰۱۰
	۳۷/۵	۳۷/۵			۲۰۰۳
	۳۷/۵	۳۷/۵			۲۰۰۴
	۴۱/۱	۴۱/۱			۲۰۰۶
	۲۸	۲۸			۲۰۰۹
					۲۰۰۹

شکل‌های ۲، ۳ و ۴ بررسی ارتباط سالانه‌ی میزان دبی در کشکان‌رود و شاخص نوسان جنوبی در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد، می‌توان ارتباط معکوسی را در هر سه ماه بین دو سری زمانی استاندارد شده (سری زمانی رخدادهای سالانه‌ی دبی در کشکان‌رود، و سری زمانی

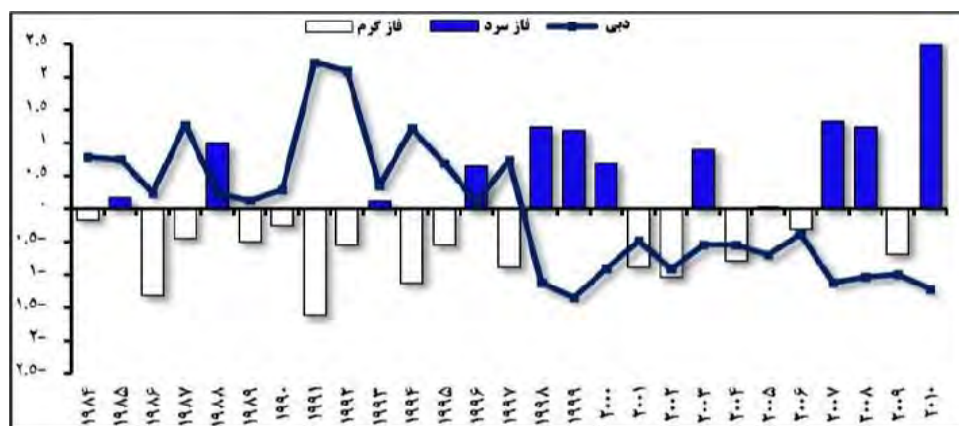
مربوط به شاخص نوسان جنوبی) مشاهده کرد. به طوری که در سال‌های با میزان دبی پائین‌تر از میانگین، مقادیر مثبت شاخص نوسان جنوبی یا فاز سرد (لانینا) حاکم بوده است در حالی که در سال‌های با میزان دبی، بالاتر از میانگین، غالباً مقادیر منفی شاخص نوسان جنوبی یا فاز گرم (النینو) حاکم بوده است. همانطور که نتایج آزمون همبستگی نشان داد، رخدادهای سالانه‌ی دبی کشکان رود، با شاخص نوسان جنوبی در ماه‌های اکتبر (شکل ۳)، نوامبر (شکل ۴) و دسامبر (شکل ۵)، همبستگی معکوس و معنی‌داری را نشان داد ولی در سایر ماه‌ها همبستگی معنی‌داری مشاهده نگردید. با توجه به اشکال (۳ تا ۵) مشخص معلوم می‌شود در سال‌های با میزان دبی پائین‌تر از میانگین، مقادیر مثبت شاخص نوسان جنوبی یا فاز سرد (لانینا) حاکم بوده است. در حالی که در سال‌های با میزان دبی بالاتر از میانگین غالباً مقادیر منفی شاخص نوسان جنوبی یا فاز گرم (النینو) حاکم بوده است. یا به عبارتی، هر زمان که مقدار شاخص انسو از متوسط خود بالاتر بوده، دبی کشکان رود بالاتر از متوسط سالانه خود قرار داشته است، و هر سال که مقدار شاخص نوسان جنوبی افزایش داشته، دبی کشکان رود با کاهش آبدهی مواجه بوده است.



شکل (۳) ارتباط میزان دبی کشکان رود و فازهای گرم و سرد شاخص نوسان جنوبی در ماه اکتبر



شکل (۴) ارتباط میزان دبی کشکان رود و فازهای گرم و سرد شاخص نوسان جنوبی در ماه نوامبر



شکل (۵) ارتباط میزان دبی کشکان رود و فازهای گرم و سرد شاخص نوسان جنوبی در ماه دسامبر

ماه اکتبر

در جدول (۴) نتایج اجرای آزمون t-student مستقل دو طرفه روی سری‌های میزان دبی تفکیک شده، بر اساس سال‌های حاکمیت فازهای گرم و سرد انسو در ماه اکتبر آمده است. در ماه اکتبر، میزان آماری T محاسباتی برابر ۸/۹ می‌باشد، و خارج از دامنه T بحرانی که برابر ± 2 است و مقدار آماری معنی‌داری آزمون نیز برای ماه اکتبر برابر $0/0000001$ می‌باشد، که در سطح اطمینان $0/99$ ($P_value = 0.01$) معنی‌دار است و نشان می‌دهد دو سری تفکیک شده از رخدادهای سالانه‌ی دبی که بر اساس فازهای گرم و سرد شاخص نوسان جنوبی ماه اکتبر از هم تفکیک شده‌اند، تفاوت معنی‌داری باهم دارند و نمی‌توان تفاوت بین آنها را تصادفی دانست.

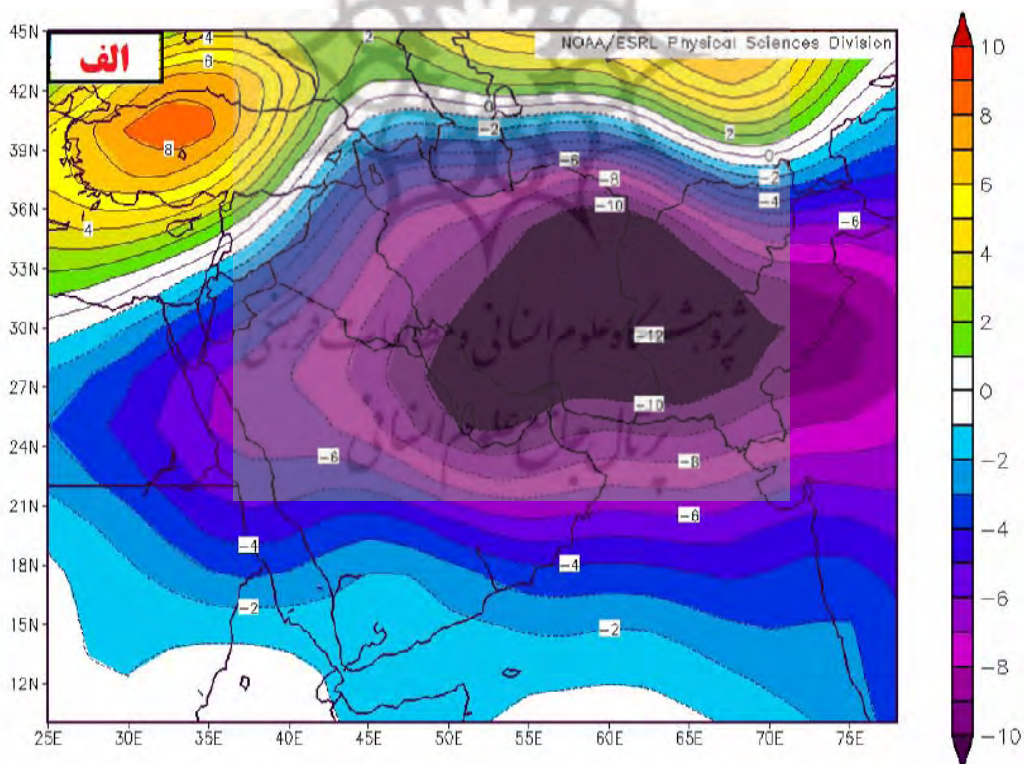
جدول (۴) نتایج آزمون T استویدنت مستقل دو طرفه در ماه اکتبر

ماه اکتبر	T محاسباتی آزمون	T بحرانی دو طرفه	درجه‌ی آزادی	Sig دو طرفه
۸/۹	± 2	۲۵	$0/0000001$	

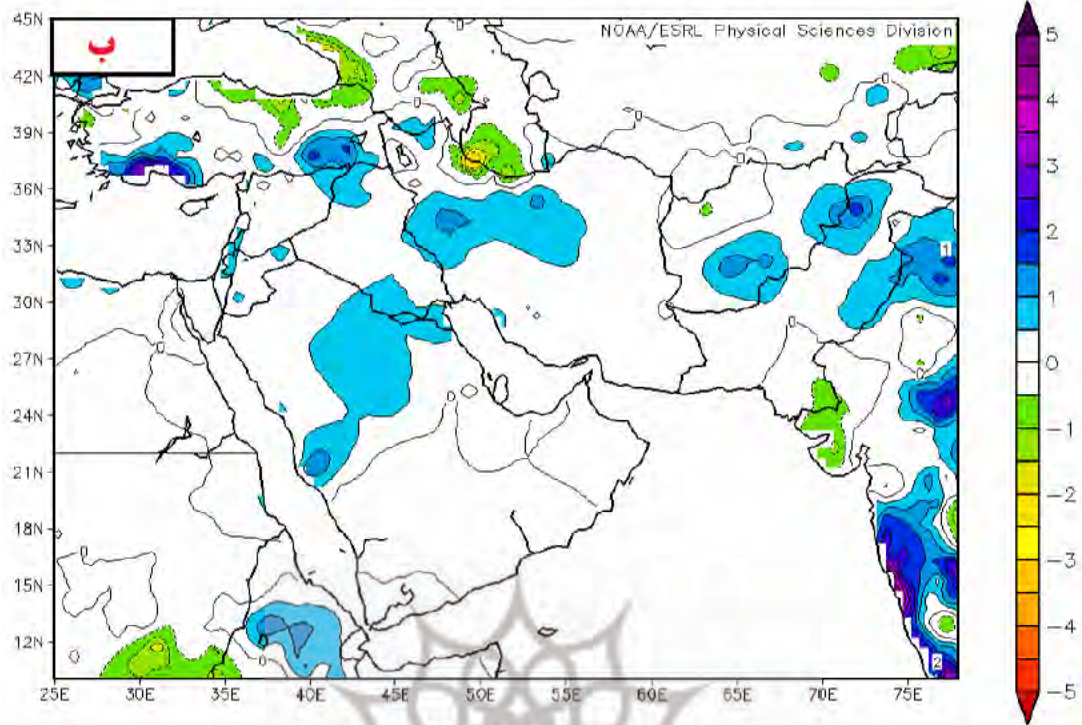
همان طور که از نقشه‌های آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ میلی‌بار در ماه اکتبر پیداست، در طول حاکمیت فاز گرم انسو (ال نینو) ارتفاع کف کم‌فشار تشکیل شده بر بالای منطقه‌ی مورد مطالعه ۱۰ تا ۱۲ متر از حالت عادی کمتر شده است. یعنی کم‌فشارتر (کم‌ارتفاع‌تر) است. در این شرایط واگرایی در سطوح میانی جو تشدید شده و به تشکیل ابر و تراکم بخار آب و در نتیجه تشکیل سامانه‌های بارشی با رطوبت بسیار می‌انجامد (شکل ۶ الف). در نتیجه طی فاز گرم (ال نینو) بارش در حوضه‌ی مورد مطالعه (حوضه‌ی کشکان رود) بین ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر در ماه (بین ۵ تا ۱۵ میلی‌متر) افزایش داشته است (شکل ۶ ب). ولی در طی فعالیت سال‌های فاز سرد، ارتفاع تراز میانی جو ۲۵ متر بالاتر از حالت عادی شده است و جو منطقه پرفشارتر

از حالت عادی خود می‌باشد. بنابراین، در طی این شرایط کم‌فشار (کم‌ارتفاع) ضعیف‌تر است و سامانه‌ی بارش‌زا نیز تضعیف می‌شود (شکل ۶ ج). در نتیجه هم‌زمان با فعالیت فاز سرد (لانینا) بارش در این حوضه‌ی آبخیز بین ۵ تا ۱۰ میلی‌متر کمتر از میانگین بلندمدت خود بوده است (شکل ۶ د).

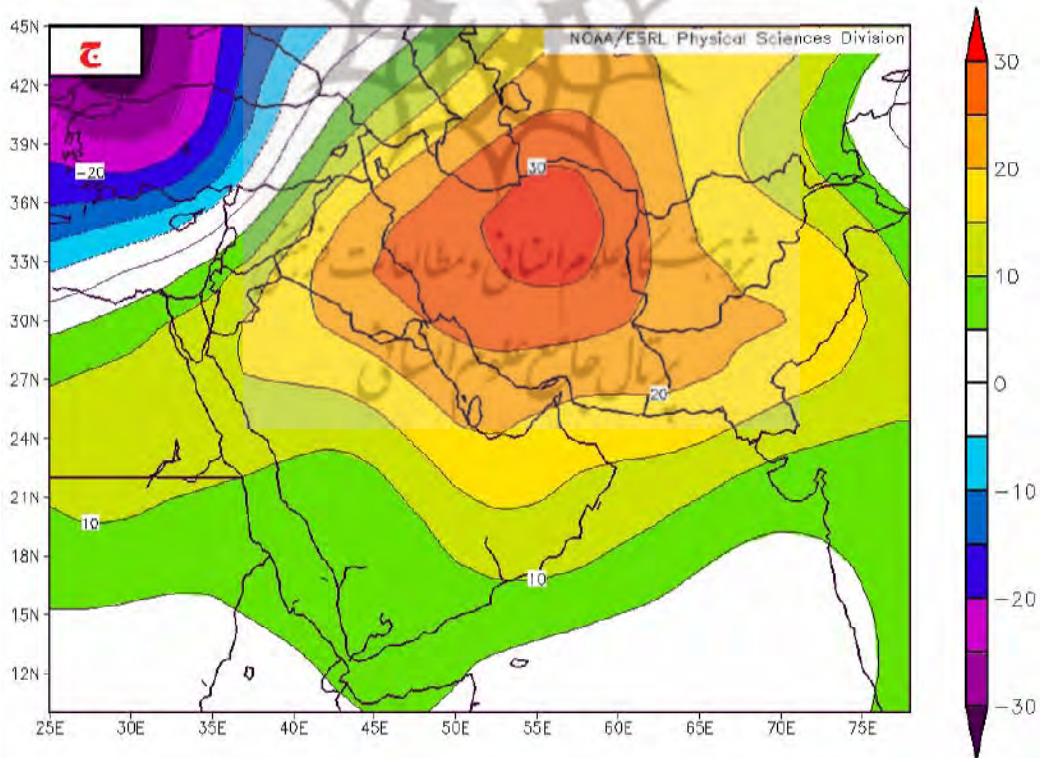
بر اساس آمار بلندمدت، دمای سطح دریا در حوالی سواحل غربی آمریکای جنوبی در بلندمدت در ماه اکتبر حداکثر ۲۴ درجه سانتی‌گراد است. همانطور که نقشه آنومالی دمای سطح دریا در طی سال‌های حاکمیت فاز گرم انسو به خوبی نشان می‌دهد، دمای سطح آب در سواحل غربی آمریکای جنوبی حدود ۳/۵ تا ۴ درجه بالاتر از حالت نرمال (شکل ۶ ر) و در طول فعالیت فاز سرد، دمای سطح دریا در این سواحل بین ۱/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد سردتر از دمای نرمال خود در بلندمدت رسیده که ارتباط معناداری با میزان بارش منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد (شکل ۶ ز). یعنی با افزایش دمای سطح آب در سواحل آمریکای جنوبی، مقدار بارش نیز افزایش یافته و با کاهش دمای سطح دریا، بارش نیز روند نزولی داشته که به دنبال آن میزان آبدهی کشکان رود نیز با کاهش مواجه شده است.



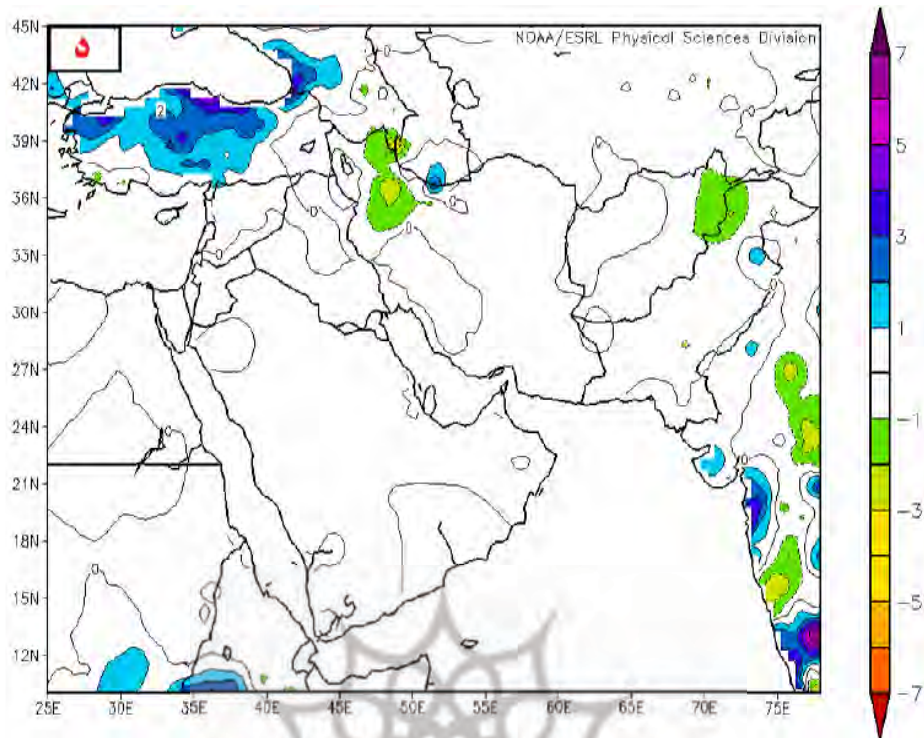
شکل ۶ (الف) آنومالی ارتفاع ژئو پتانسیل طی فاز گرم در ماه اکتبر (برحسب متر)



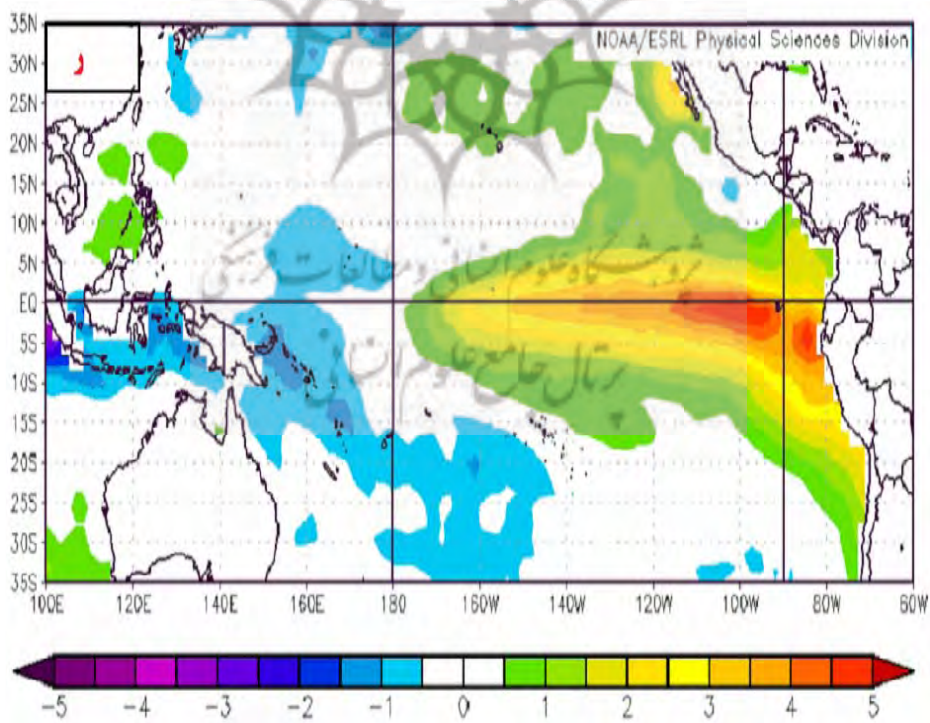
شکل (ب) آنومالی بارش بلند مدت ماهانه طی فاز گرم در ماه اکتبر (بر حسب سانتیمتر در ماه)



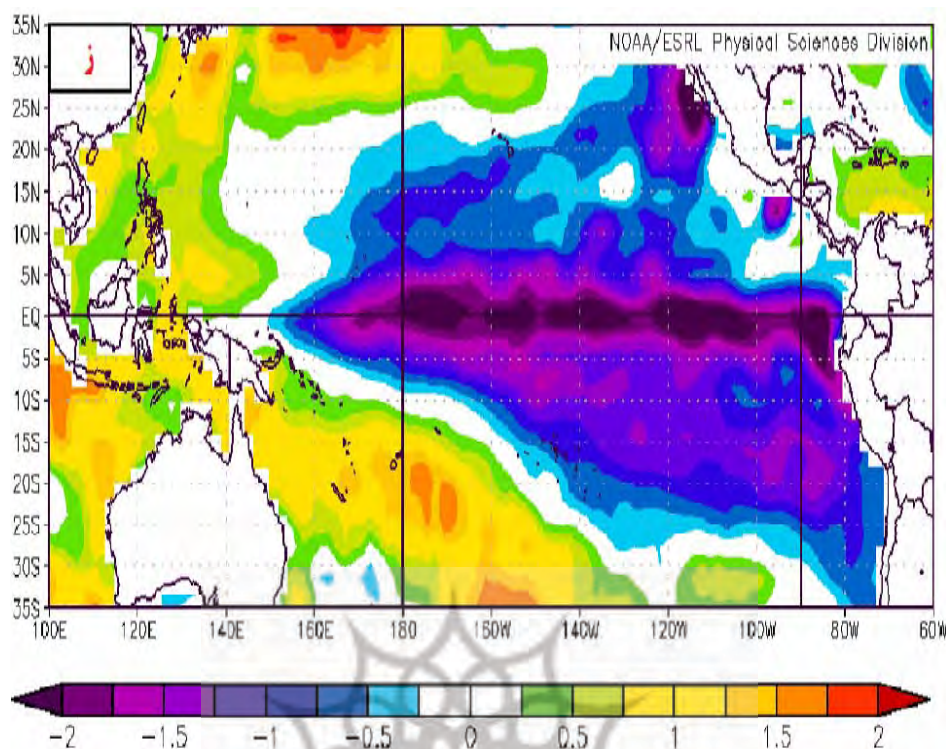
شکل (ج) آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل طی فاز سرد در ماه اکتبر (بر حسب متر)



شکل (د) آنومالی بارش بلند مدت ماهانه طی فاز سرد در ماه اکتبر (برحسب سانتیمتر در ماه)



شکل (ر) آنومالی دمای سطح دریا طی فاز گرم در ماه اکتبر



شکل (۶) آنومالی دمای سطح دریا طی فاز سرد در ماه اکتبر

ماه نوامبر

طبق نتایج اجرای آزمون t-student مستقل دوطرفه بر روی سری‌های میزان دبی تفکیک شده طی سال‌های حاکمیت فازهای گرم و سرد انسو در ماه نوامبر، میزان آماره‌ی T محاسباتی برابر ۸ است و خارج از دامنه T بحرانی که برابر $\pm 2/2$ است. مقدار آماره‌ی معنی‌داری آزمون نیز برای ماه نوامبر، برابر با $0/00000001$ می‌باشد که در سطح اطمینان $0/99$ ($P_value = 0.01$) معنی‌دار است و بیانگر تفاوت معنی‌دار دو سری تفکیک شده از رخدادهای سالانه‌ی دبی است که بر اساس فازهای گرم و سرد شاخص نوسان جنوبی ماه نوامبر از هم تفکیک شده‌اند و نمی‌توان تفاوت بین آنها را تصادفی دانست.

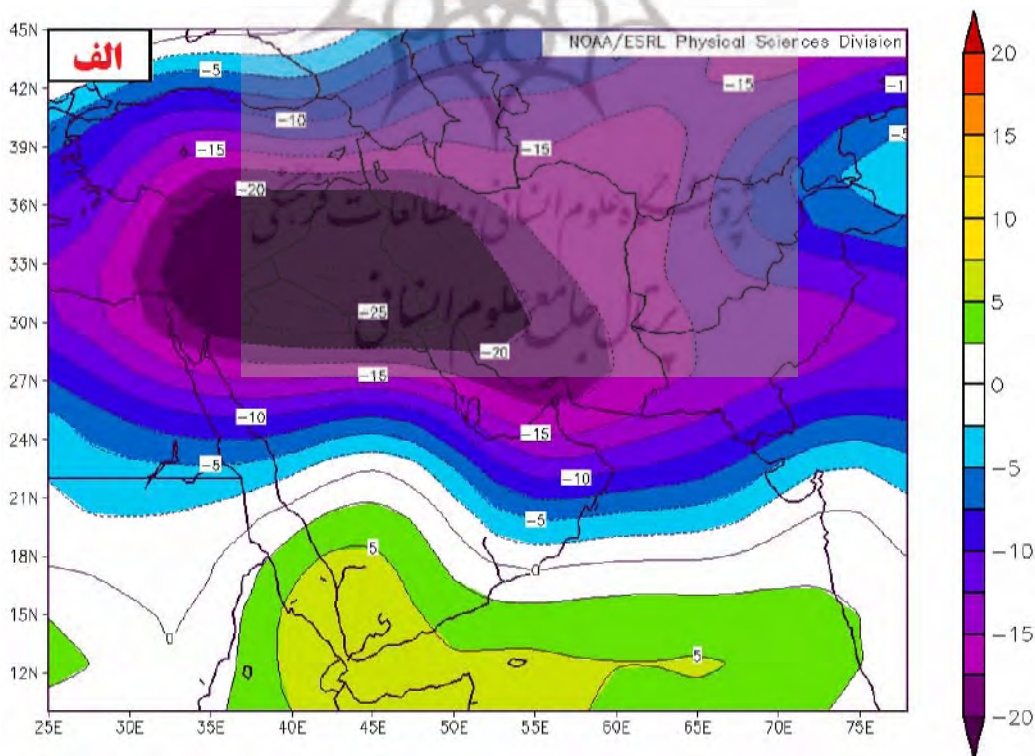
جدول (۵) نتایج آزمون T استیودنت مستقل دو طرفه در ماه نوامبر

Sig دو طرفه	درجه‌ی آزادی	T بحرانی دو طرفه	T محاسباتی آزمون	ماه نوامبر
$0/00000001$	۲۵	$\pm 2/2$	۸	

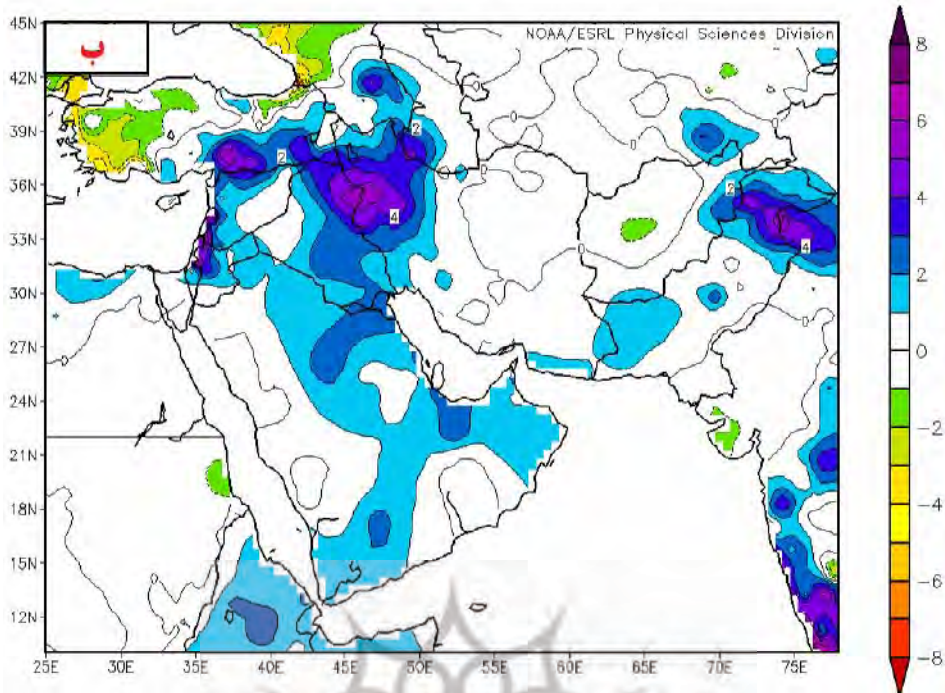
با توجه به نقشه‌های آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ میلی‌بار در ماه نوامبر، در طول فعالیت فاز گرم انسو (ال نینو)، ارتفاع تراز میانی جو در بالای منطقه‌ی مورد مطالعه ۲۵ متر از حالت نرمال خود پایین‌تر بوده است. یعنی اتمسفر منطقه‌ی مورد مطالعه کم‌فشارتر (کم‌ارتفاع‌تر) از ماه اکتبر بوده است. در نتیجه واگرایی در سطوح میانی جو قوی‌تر و جو ناپایدار شده و به تشکیل ابر و تراکم بخار آب و در نتیجه تشکیل سامانه‌های

بارشی با رطوبت بسیار می‌انجامد (شکل ۷ الف). بنابراین، همراه با فاز گرم (النینو) بارش در حوضه‌ی مورد مطالعه نیز بین ۲ تا ۴ سانتی متر در ماه (بین ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر) افزایش داشته است (شکل ۷ ب). ولی در طی فعالیت سال‌های فاز سرد، ارتفاع تراز میانی جو ۱۲ متر بالاتر از حالت عادی شده و جو منطقه پرفشارتر از حالت عادی خود است. بنابراین در طی این شرایط، کم‌فشار (کم‌ارتفاع) ضعیف‌تر و سامانه‌ی بارش‌زا نیز تضعیف می‌شود (شکل ۷ ج). در نتیجه همزمان با فعالیت فاز سرد (لانینا) بارش در این حوضه‌ی آبخیز بین ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر کمتر از میانگین بلند مدت خود بوده است (شکل ۷ د). در نتیجه رودخانه‌ی کشکان نیز با کاهش دبی مواجه بوده است.

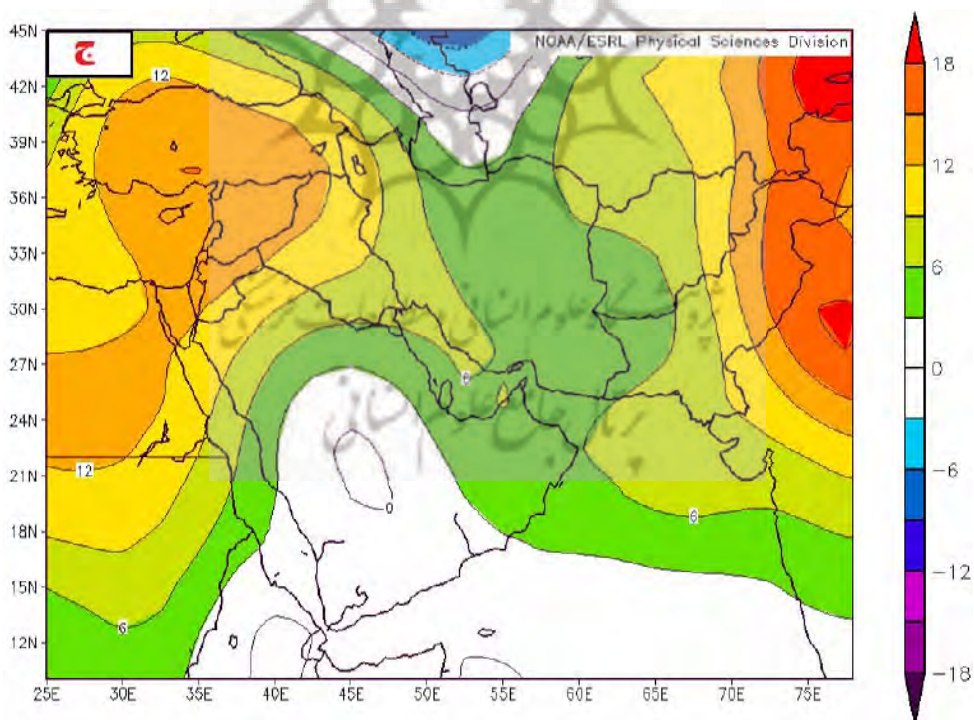
در ماه نوامبر دمای بلندمدت سطح دریا در حوالی سواحل پرو و شیلی حداکثر ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. با توجه به نقشه‌ی آنومالی SST در این ماه، طی سال‌های با حاکمیت فاز گرم انسو، دمای سطح آب در سواحل غربی آمریکای جنوبی حدود ۴ تا ۵ درجه بالاتر از حالت نرمال (شکل ۷ ر) و در طول فعالیت فاز سرد، دمای سطح دریا در این سواحل بین ۱ تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد سردتر از دمای نرمال خود در بلندمدت رسیده که نشان‌دهنده‌ی ارتباط معنادار با میزان بارش منطقه‌ی مورد مطالعه است (شکل ۷ ز). با افزایش دمای سطح دریا در سواحل شرقی آرام استوایی، مقدار بارش نیز افزایش یافته و با کاهش مقدار SST، بارش‌ها نیز با کاهش شدید مواجه شده‌اند.



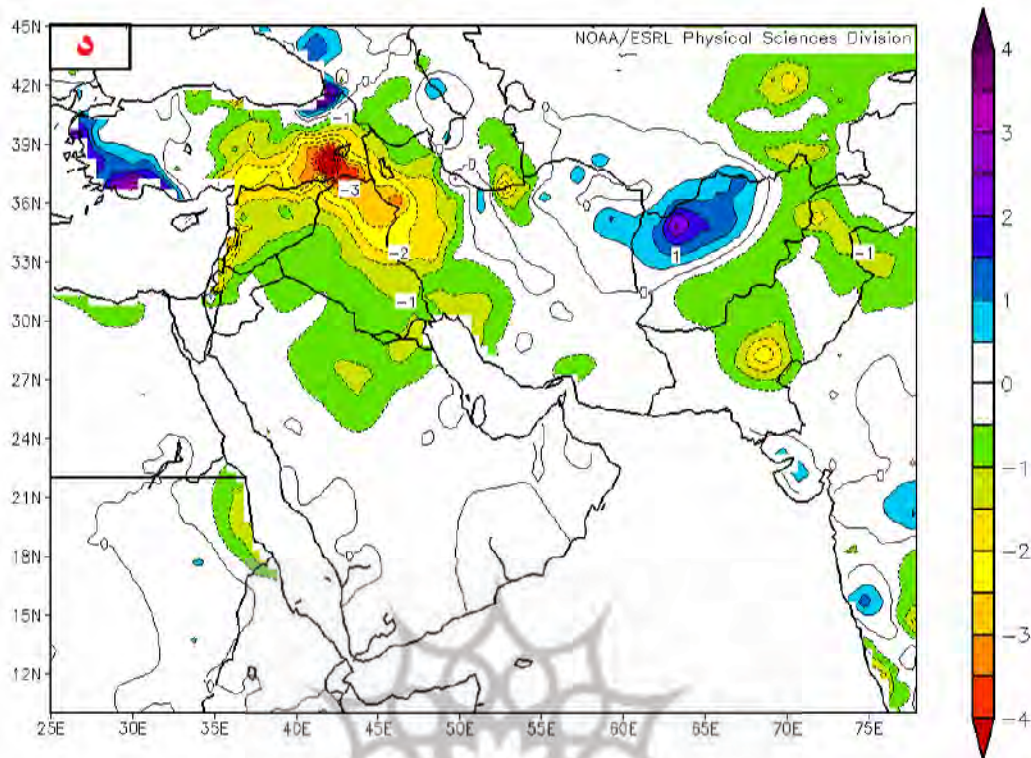
شکل ۷ الف) آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل طی فاز گرم در ماه نوامبر (بر حسب متر)



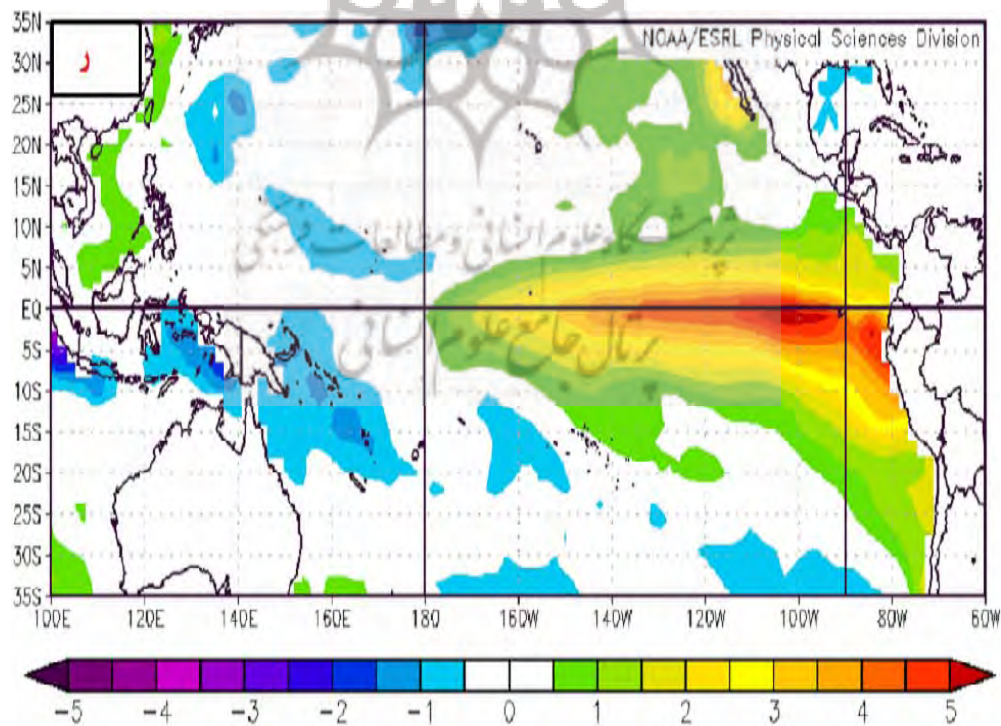
شکل (ب) آنومالی بارش بلند مدت ماهانه طی فاز گرم در ماه نوامبر (بر حسب سانتیمتر در ماه)



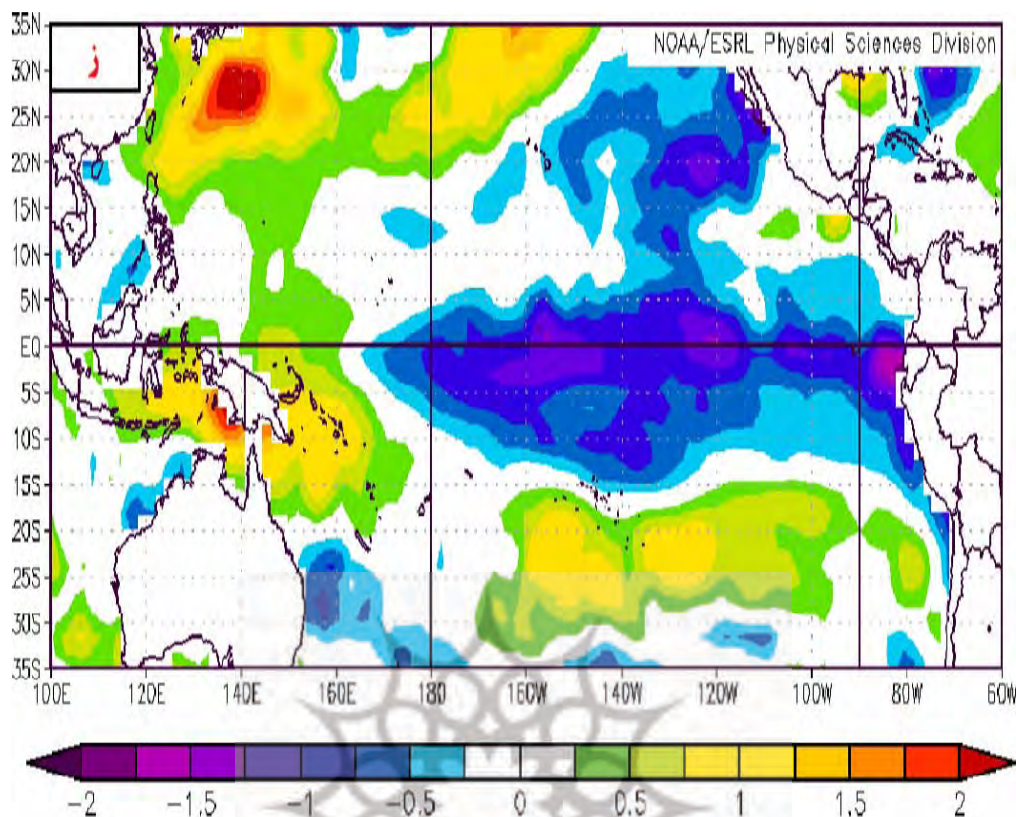
شکل (ج) آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل طی فاز سرد در ماه نوامبر (بر حسب متر)



شکل (۷ د) آنومالی بارش بلند مدت ماهانه طی فاز سرد در ماه نوامبر (بر حسب سانتیمتر در ماه)



شکل (۷ ر) آنومالی دمای سطح دریا طی فاز گرم در ماه نوامبر



شکل (۷) آنومالی دمای سطح دریا طی فاز سرد در ماه نوامبر

ماه دسامبر

در ماه دسامبر شرایط به گونه‌ای است که میزان T محاسباتی آزمون برابر $7/4$ می‌باشد. این مقدار مورد محاسبه خارج از دامنه‌ی دو طرفه T بحرانی که برابر $\pm 2/1$ می‌باشد، قرار گرفته است. آماره‌ی معنی‌داری نیز برابر با $0/00000004$ است و در سطح اطمینان $0/99$ تفاوت معنی‌داری بین دو سری تفکیک شده بر اساس فازهای سرد و گرم ماه دسامبر نشان می‌دهد.

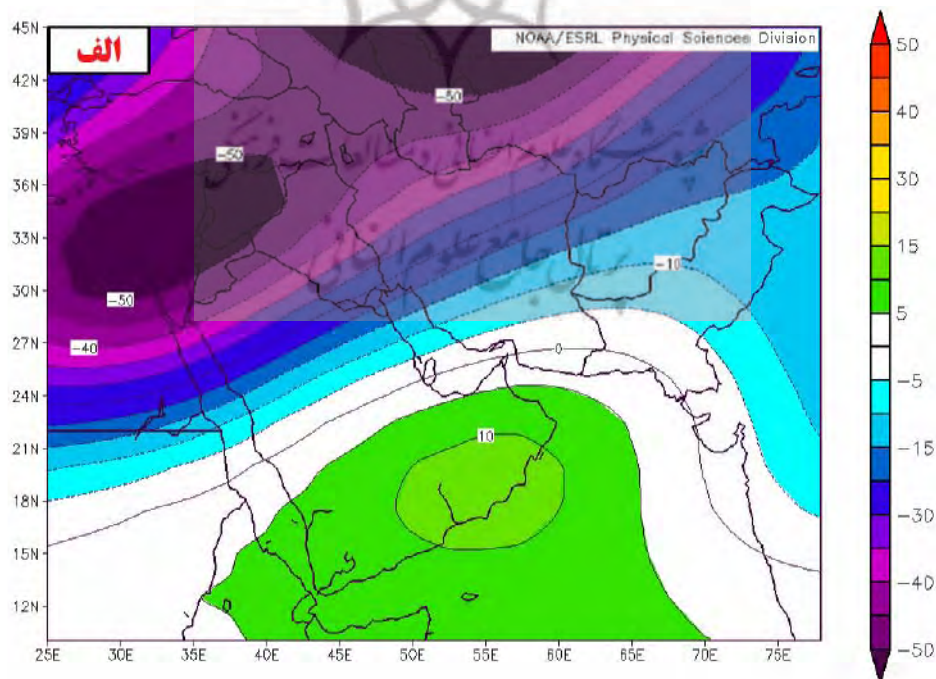
جدول (۶) نتایج آزمون T استویدنت مستقل دو طرفه در ماه دسامبر

Sig دو طرفه	درجه‌ی آزادی	T بحرانی دو طرفه	T محاسباتی آزمون	ماه دسامبر
$0/00000004$	۱۷	$\pm 2/1$	$7/4$	

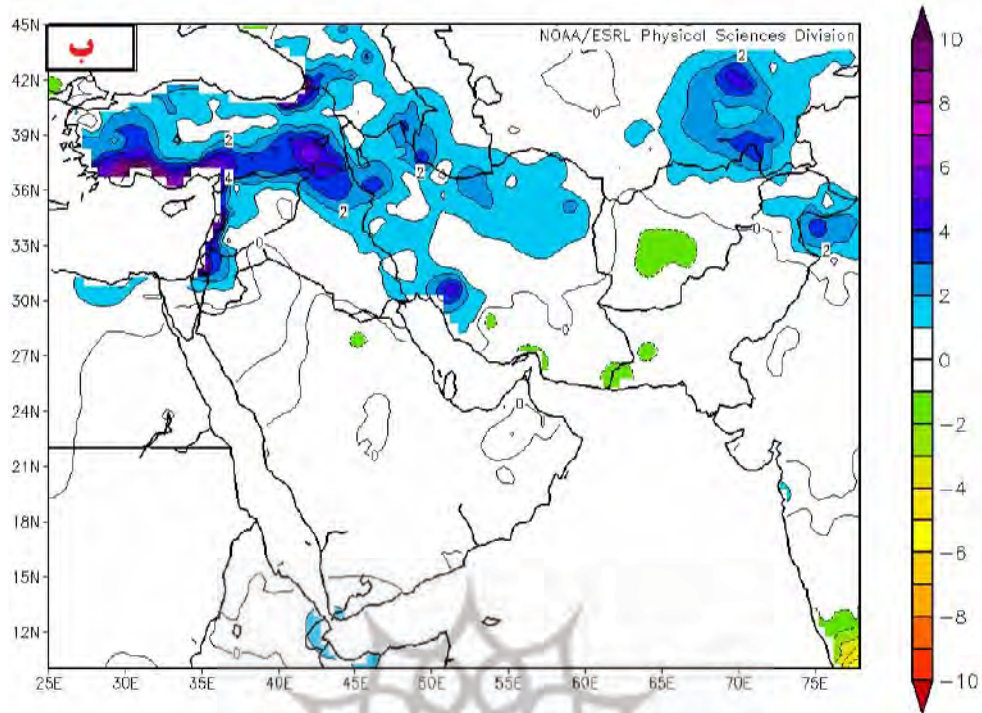
با توجه به نقشه‌های آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 500 هکتوپاسکال طی ماه دسامبر، در مدت فعالیت فاز گرم انسو (ال نینو) ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو در محدوده‌ی حوضه‌ی کشکان‌رود از حالت نرمال خود 25 تا 30 متر پایین‌تر بوده است. یعنی اتمسفر منطقه‌ی مورد مطالعه کم‌فشارتر (کم‌ارتفاع‌تر) از ماه اکتبر بوده است، در نتیجه سامانه‌های بارشی به راحتی وارد منطقه شده و با خود رطوبت بسیار به همراه آورده است و واگرایی نیز در این تراز اتمسفر شدیدتر و فعال‌تر شده است (شکل ۸ الف). با کاهش ارتفاع تراز میانی جو طی

فاز گرم (النینو)، بارش در حوضه‌ی مورد مطالعه نیز بین ۱۵ تا ۳۰ میلی‌متر (۱/۵ تا ۳ سانتی‌متر در ماه) افزایش یافته است (شکل ۸ ب). ولی در طی سال‌های با حاکمیت فاز سرد، ارتفاع تراز میانی جو ۴۵ متر بیشتر از حالت عادی است. در نتیجه جو منطقه پرفشارتر از حالت عادی خود بوده است. بنابراین با وجود این شرایط، کم‌فشار (کم‌ارتفاع) ضعیف‌تر و جو حالت پایدارتری داشته و سامانه‌ی بارش‌زا نیز تضعیف می‌شوند (شکل ۸ ج). با این وجود همزمان با فعالیت فاز سرد (لانینا)، بارش در این حوضه‌ی آبخیز بین ۵ تا ۱۵ میلی‌متر کمتر از حالت نرمال میانگین خود بوده است (شکل ۸ د). در نتیجه میزان آبدهی کشکانرود نیز کاهش یافته است.

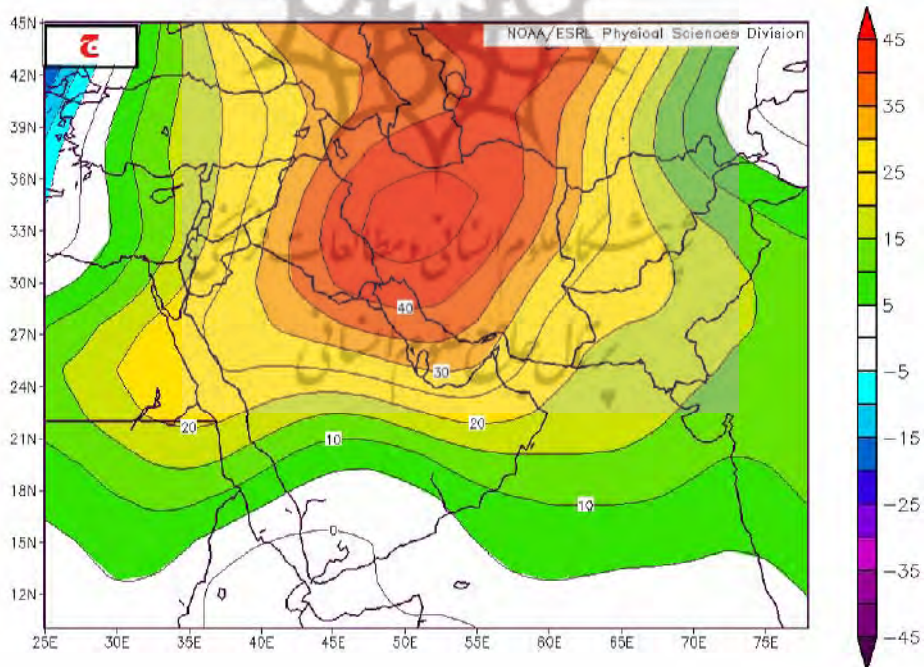
در ماه دسامبر دمای بلندمدت سطح دریا در سواحل شرقی اقیانوس آرام استوایی (حوالی سواحل پرو و شیلی) حداکثر ۲۱ درجه سانتی‌گراد است. با توجه به نقشه آنومالی SST در این مدت زمان، طی سال‌های با حاکمیت فاز گرم انسو، دمای سطح آب در سواحل غربی آمریکای جنوبی حدود ۳ درجه بالاتر از حالت نرمال (شکل ۸ ر) و در طول حکمیت فاز سرد در این منطقه، دمای سطح دریا بین ۱/۵ تا ۲/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد از دمای نرمال خود در بلند مدت کمتر است که ارتباط معناداری با میزان بارش منطقه‌ی مورد مطالعه دارد (شکل ۸ ز). با افزایش مقدار SST در سواحل غربی آمریکای جنوبی، مقدار بارش نیز افزایش داشته و با کاهش مقدار SST، بارش‌ها نیز با کاهش شدیدی مواجه شده‌اند.



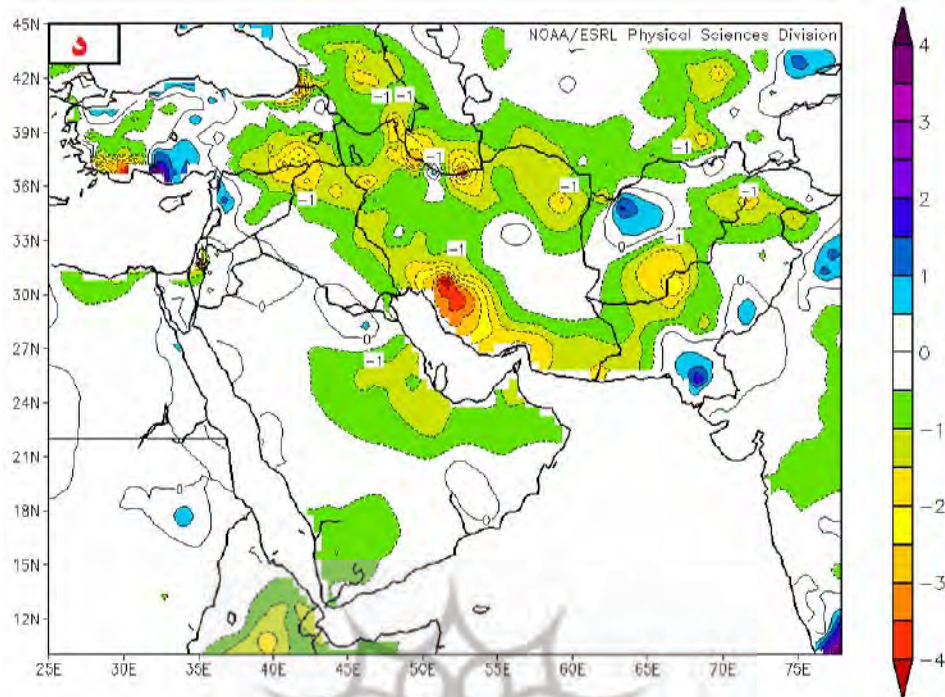
شکل ۸ (الف) آنومالی ارتفاع ژئو پتانسیل طی فاز گرم در ماه دسامبر (بر حسب متر)



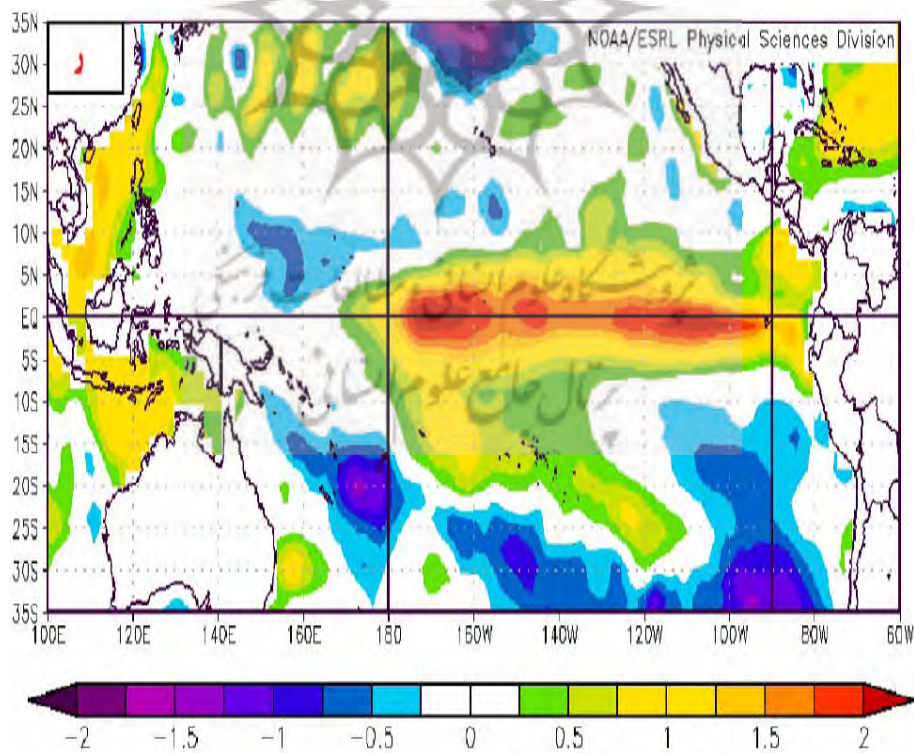
شکل (۸ ب) آنومالی بارش بلند مدت ماهانه طی فاز گرم در ماه دسامبر (بر حسب سانتیمتر در ماه)



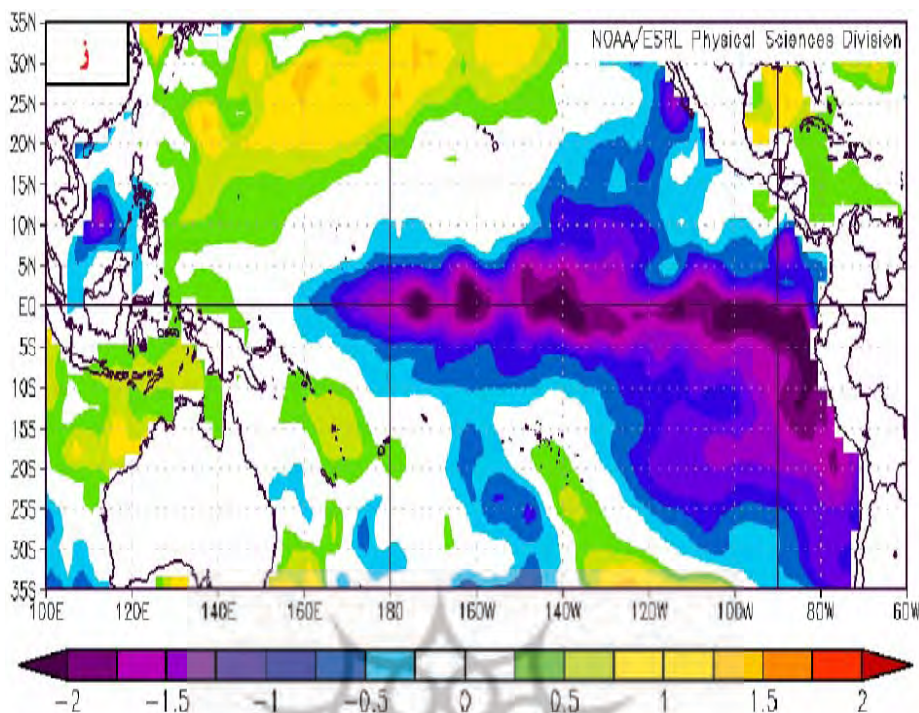
شکل (۸ ج) آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل طی فاز سرد در ماه دسامبر (بر حسب متر)



شکل (د) آنومالی بارش بلند مدت ماهانه طی فاز سرد در ماه دسامبر (برحسب سانتیمتر در ماه)



شکل (ر) آنومالی دمای سطح دریا طی فاز گرم در ماه دسامبر



شکل (۸) ز) آنومالی دمای سطح دریا طی فاز سرد در ماه دسامبر

نتیجه گیری

در این پژوهش ارتباط شاخص جوی-اقیانوسی ENSO با دبی کشکان رود در غرب ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق گویای آن بود که مقدار دبی سالانه کشکان رود در سه ماه اکتبر، نوامبر و دسامبر ارتباط معنی دار بالایی با شاخص نوسان جنوبی دارند و در سایر ماهها این ارتباط یا ضعیف بوده و یا رابطه‌ی معنی داری مشاهده نگردید. مقایسه‌ی ضرایب همبستگی و سطح معناداری این دو نوع داده مبین این واقعیت است که بین تغییرات پدیده‌ی کلان‌مقیاس گردش جوی-اقیانوسی انسو با دبی کشکان رود در فصل پاییز ارتباط و هم‌زمانی وجود دارد و تغییرات مذکور که از طریق شاخص‌های فشار سطح اقیانوس آرام دیده‌بانی شده‌اند، کمابیش موجب نوسان‌های افزایش در فاز گرم و کاهش در فاز سرد در دبی کشکان رود می‌شوند. با ارزیابی همبستگی بین دبی پاییزه‌ی کشکان رود و ENSO معلوم گردید که ضرایب همبستگی، ارتباط بین شاخص نوسانات جنوبی و دبی کشکان رود در فصل پاییز را تأیید می‌کند. میزان دبی پاییزه در سه ماه اکتبر، نوامبر و دسامبر (فصل پاییز) بیش از سایر ماهها متأثر از ENSO می‌باشد. نتایج اجرای آزمون t مستقل دو طرفه بر روی دو سری دبی سالانه‌ی تفکیک شده بر اساس فازهای گرم و سرد انسو در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر گویای آن بود که در این سه ماه، ضرایب همبستگی از سطح اعتماد کافی برخوردار بودند؛ به طوری که وقوع پدیده‌ی النینو و لانینا در ۳۵ درصد موارد طی این دو ماه باعث افزایش متوسط دبی رودخانه‌ی

کشکان می‌شود. همچنین احتمال وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی در دوران النینو کمتر و در دوران لانینا بیشتر از دوران پایه است.

نتایج تحلیل سینوپتیک نقش انسو در دبی کشکان رود گویای آن بود که فاز گرم انسو یعنی النینو، خصوصاً در پائیز برای اکثر نواحی ایران به خصوص غرب کشور افزایش بارش را به همراه داشته و غالب خشکسالی‌های این منطقه، توأم با فاز سرد انسو یعنی لانینا بوده است. بنابر این می‌توان گفت در شرایط فاز گرم انسو یعنی در سال‌هایی که النینو حاکم است، بارش‌های پاییزه‌ی حوضه‌ی کشکان رود حدود ۲۶ درصد افزایش داشته است که به تبع آن دبی نیز افزایش نشان می‌دهد.

ولی در طی حاکمیت فاز سرد انسو (لانینا) بارش‌های پاییزه در منطقه‌ی مورد مطالعه حدود ۱۰/۵ درصد کمتر از حالت نرمال است. علت افزایش بارش، انتقال پرفشارهای جنب حاره‌ای خاورمیانه به عرض‌های پایین‌تر و امکان نفوذ موج بادهای غربی به منطقه‌ی مورد مطالعه با شروع فاز گرم انسو است.

نتایج تحقیقات انجام شده در سطح جهان نشان داد که ارتباط تنگاتنگی بین الگوهای گردشی بزرگ مقیاس اقلیمی و جریان رودخانه‌ها وجود دارد. البته این نقش در مناطق مختلف جهان متفاوت است. به عنوان مثال نقش انسو در قاره‌ی آفریقا دقیقاً عکس اثر این پدیده در ایران، اروپا و آمریکا است. در آفریقا آبتیو و همکاران (۲۰۰۹)، با بررسی ارتباط ال نینو - نوسانات جنوبی با هیدرولوژی حوضه‌ی رودخانه‌ی نیل آبی دریافتند که بارش و جریان بالا در طول لانینا و سال‌های خشک در مواقع ال نینو رخ می‌دهد. همچنین در قاره‌ی آمریکا توین و همکاران (۲۰۰۵)، اثر ال نینو - نوسان جنوبی در تعادل آب و جریان در حوضه‌ی رودخانه‌ی می‌سی‌سی‌پی را بررسی و نشان دادند که در طی فاز سرد انسو، میزان دبی این رودخانه با کاهش مواجه شده ولی در طی فاز گرم، دبی روندی افزایشی را تجربه کرده است. تقریباً نتیجه‌ی تاملی تحقیقات انجام شده درباره‌ی تأثیر نقش انسو در شرایط آب و هوایی ایران، مؤید این نکته است که فاز گرم انسو یعنی النینو، به ویژه در پائیز برای اکثر نواحی ایران افزایش بارش را به همراه داشته و غالب خشکسالی‌های ایران، توأم با فاز سرد انسو یعنی لانینا بوده است. بنابر این می‌توان گفت در شرایط فاز گرم انسو یعنی در سال‌هایی که النینو حاکم است، بارش‌های پاییزه‌ی ایران افزایش پیدا کرده و تبع آن دبی رودها نیز افزایش می‌یابد.

منابع

- انصاری، مریم (۱۳۹۰). بررسی اثر نوسانات اقلیمی بر تغییرات دبی رودخانه‌ی کاجو و اثرات آن بر کشاورزی منطقه، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- حق نگهدار، امین؛ اختری، روح‌انگیز و ثقفیان، بهرام (۱۳۸۶)، «بررسی میزان تأثیر پدیده ال نینو - نوسانات جنوبی بر سیلاب‌های حداکثر سالانه جنوب غرب ایران»، نشریه‌ی آب و فاضلاب، دوره‌ی ۱۸، شماره‌ی ۴، صص ۶۶-۷۸.
- حیدری، مجید؛ سبزی‌پرور، علی‌اکبر؛ تنیان، سارا و فرخی، الهام (۱۳۸۸)، «بررسی تأثیر پدیده انسو بر آبدهی رودخانه‌های استان آذربایجان غربی»، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، کرج، انجمن آبخیزداری ایران.
- خداقلی، مرتضی؛ کاوسی، مهناز؛ آروین، عباسعلی و صوحی، راضیه (۱۳۹۲)، «بررسی ارتباط علامت‌های از دور SOI و NAO با خشکسالی حوزه‌ی آبخیز زاینده‌رود»، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال هفتم - شماره‌ی ۲۱، صص ۴۱-۵۲.
- کرمی، فریبا؛ شیراوند، هنگامه و درگاهیان، فاطمه (۱۳۸۹)، «بررسی الگوی سینوپتیک سیل بهمن ۱۳۸۴ شهرستان پلدختر»، فصلنامه‌ی جغرافیا و مطالعات محیطی، سال دوم، شماره چهارم، صص ۹۹-۱۰۶.
- سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان، بخش آمار و هیدرومتری، ۱۳۹۰.
- علیجانی، بهلول (۱۳۹۱)، اقلیم‌شناسی سینوپتیک، چاپ پنجم، زمستان ۱۳۹۱، تهران، سمت.
- فتاحی، ابراهیم؛ دلاور، مجید و نوحی، کیوان (۱۳۹۱)، «پیش‌بینی جریان رودخانه‌های کارون شمالی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی»، تحقیقات جغرافیایی، سال بیست و هفتم، شماره‌ی اول، صص ۵۲-۷۷.
- قربانی‌زاده خرازی، حسین؛ ثقفیان، بهرام و حق‌نگهدار، امین (۱۳۸۵)، «بررسی اولیه‌ی تأثیر پدیده‌ی انسو، بارش، سطح برف و دما بر دبی متوسط رودخانه‌ی کارون در ایستگاه هیدرومتری پل شالو»، نخستین همایش منطقه‌ای آب، بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان.
- قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۳)، «اثر الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی - اقیانوسی انسو بر تغییرپذیری فصلی اقلیم در ایران: آثار النینو و لانینا بر تغییرپذیری بارش‌های بهاری در آذربایجان شرقی»، فصلنامه‌ی مدرس علوم انسانی، دوره‌ی نهم، شماره‌ی ۴، صص ۷۱-۸۸.
- ناصرزاده، محمدحسین و طولابی‌نژاد، میثم (۱۳۹۴)، «نقش گازهای گلخانه‌ای در نوسانات دبی کشکان‌رود»، نشریه‌ی هیدروژئومورفولوژی، دوره‌ی اول، شماره‌ی ۲، صص ۱۱۷-۱۳۵.
- ناظم‌السادات، سیدمحمدجعفر (۱۳۸۷)، «بررسی تأثیر انسو بر بارندگی پاییزه‌ی ایران»، مجموعه مقالات دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی، صص ۲۶۴-۲۵۲.

- یزدانی، وحید؛ حمیدیان پور، محسن و داوری، کامران (۱۳۹۲)، «بررسی تأثیر پدیده‌ی انسو بر آبدهی رودخانه‌های شهرستان ساوه»، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی، کرمان، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان.

- Abtew, W.; Melesse, A.; Dessalegne, T. ³El Niño Southern Oscillation Link to the Blue Nile River Basin Hydrology´ Hydrological Processes, Vol. 23, No. 26, pp. 3653-3660. doi: 10.1002/hyp.7367.
- %H IJWRJ QX & ' HNDV . &KJLDYRV (&OP DM &KDJ HV ³Environment and Infection: Facts, Scenarios and Growing Awareness from the Public Health Community within Europe, Anaerobe_ 9 RO 1 R SS doi:10.1016/j.anaerobe.2011.05.016.
- %RXP D0 - ' \ H & ³Cycles of Malaria Associated with El Niño in Venezuela´ -RXIQDRI WH\$ P HIFDQ0 HGFDO\$ WRFDWRQ 9 RO SS ±
- +HGL 0 &XOPQ 3HMU % 0 HQRFD0 ³North Atlantic Influence on Tigris Euphrates Streamflow´ ,QMLQDWRQD-RXIQDRI &OP DWRQ\ 9 RO SS ±
- . DUP RX\ 0 =DKIHH % ³Seasonal Stremflow Forecasting Using Snow Budget and ENSO Climate Signal's Application to Salt Basin in Arizona´ \$ 6&(-RXIQDRI +\ GRQJ\ 9 RO SS
- Massei, N.; Laignel, B.; Deloffre, J.; Mesquita, J.; Motelay, A.; Lafite, R. & Durand, A. ³Long-term Hydrological Changes of the Seine River Flower (France) and Their Relation to the North Atlantic Oscillation over the Period 1950-2008´ ,QMLQDWRQD-RXIQDRI FOP DWRQ\ 9 RO SS
- 2 NRQZR & ' HP RJ % * HEUP DULP 6 ³Characteristics of Lake Chad Level Variability and Links to ENSO, Precipitation, and River Discharge´ +IQGZL 3XEQMKIQ &RISRUDWRQ WH6FIHQWIF: RUG-RXIQD0 9 RO SS GRL
- 5 RSHDZ VL &) -RQHV 3 ' ³An Extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index´ 0 RQMKQ : HXHU5 HMLZ 9 RO SS
- 7ZIQH 7 . XFKDUN & -RQDKDQ \$) RQI ³(IIFW RI (O1 IxR+6RXVKHQ Oscillation on the Climate, Water Balance, and Streamflow of the Mississippi River Basin´ -RXIQDRI &OP DM 9 RO SS ± GRL KW\$ Q GRLRU -&/ ,
- : DG 3 (IQHU 6) QUNH 0 ' HWQJHU 0 . XPPX 0 ³Annual Flood 6HQVYVWVVR (O1 IxR+6RXVKHQ 2 VEQDWRQ DWHK* QED06FDDI +\ GR (DUK 6\ WWP 6FIHQFH 9 RO SS ± GRL KHW