

بررسی امکان پیش‌بینی جریان ماهانه ورودی به سدهای بزرگ مخزنی دز، کرخه و مارون براساس سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقیانوسی - اتمسفری با روش فصلی غیر پارامتری

سروش اله‌دین^۱، زهرا عصاره^۲

^۱ کارشناس امور هیدروانفورماتیک، سازمان آب و برق خوزستان

^۲ کارشناس مسئول انرژی، سازمان آب و برق خوزستان

soroosh.alahdin@gmail.com

چکیده

بهره‌برداری بهینه و مناسب از منابع آب رودخانه‌ها بی‌شک وابسته به دانش و نحوه تغییرات آورد رودخانه‌ها، تغییرات جوی و مسایل انسانی می‌باشد. لذا پیش‌بینی جهت مدیریت منابع و مصارف آب از اهمیت بالایی برخوردار می‌گردد. شکی نیست هر چقدر امکان برنامه‌ریزی‌های بلندمدت‌تر فراهم شود برنامه‌ریزی‌های کوتاه مدت نیز به افق بلندمدت نزدیکتر و ضمن انحرافات کمتر بهره‌برداری از برنامه‌ریزی، مشکلات مدیریت منابع آب نیز کمتر می‌گردد. حوزه‌های رودخانه دز، کرخه و مارون از مناطق حساس و مهم در کشور از لحاظ تامین نیاز شرب، کشاورزی، صنعت و برقایی می‌باشند. از این رو پیش‌بینی جریان آب این رودخانه‌ها می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی بسیار حائز اهمیت بوده و منافع مالی و ملی قابل توجهی را در بر داشته باشد. در دهه‌های اخیر، معرفی سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی که در حقیقت توابع مکانی و زمانی از متغیرهای هواشناسی هستند و معمولاً با اندازه‌گیری تغییرات نسبی این متغیرها معرفی می‌شوند، به عنوان پیش‌بینی کننده‌های پدیده‌های هیدرولوژیکی، تحول عظیمی را در پیش‌بینی‌ها بوجود آورده‌اند. مدل‌ها و ابزار پیش‌بینی هیدرولوژیکی بر این اساس و با استفاده از روش‌های تجربی و آماری به عنوان ابزاری برای مدیریت بهتر منابع آب به کار گرفته شده‌اند. پیشرفت‌های بیشتر در مدل‌های پیش‌بینی منوط به شناخت بیشتر ارتباط پدیده‌های اقلیمی و رویدادهای هیدرولوژیکی، بهبود و توسعه مدل‌ها و پیشنهاد مدل‌های جدید می‌باشند. در این مقاله از یک روش غیر پارامتری و از دو متغیر جریان پیشین (جریان در ماه‌های قبل) و شاخص ENSO پیشین (مقدار ENSO در ماه‌های قبل) برای پیش‌بینی جریان در ماه‌های آتی استفاده شد و در نهایت امکان انجام و کفایت چنین پیش‌بینی‌هایی براساس معیارهای امتیاز خطای خطی در فضای احتمالاتی و راندمان ناشی - سونکلایف مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که ۲ شاخص از جمله AO, PDO, NAO, MEI, SOI و... به عنوان شاخص ENSO مورد استفاده قرار گرفتند. کلمات کلیدی: پیش‌بینی آورد ماهانه، حوزه آبریز دز، کرخه و مارون سیگنال‌های اقلیمی - اقیانوسی، مدل NSFM

مقدمه

سیگنال به پدیده‌های بزرگ مقیاسی گفته می‌شود که تغییرات اقلیمی جهان و چرخه جو را تحت تاثیر قرار دهند. یک سیگنال هواشناسی ENSO, PDO, NAO با توجه به تعامل و اثر پذیری پارامترهای مختلف جو می‌تواند اثرات متفاوتی در نقاط مختلف داشته باشد. پدیده‌هایی نظیر سیگنال‌های بزرگ مقیاس شناخته شده می‌باشند که در مورد نحوه تاثیر آنها بر اقلیم نواحی مختلف جهان تحقیقات وسیعی انجام شده است.

رویداد النینو/ نوسان جنوبی یکی از مهمترین و شاخص‌ترین رویدادهایی است که منجر به ظهور ناهنجاری‌های بزرگ آب و هوایی در بسیاری از نقاط جهان می‌شود. هواشناسان و اقیانوس‌شناسان جهان در سال‌های اخیر مطالعات زیاد و دقیقی در مورد مکانیزم ایجاد النینو و تاثیرات متقابل جو و اقیانوس انجام داده‌اند، بویژه مطالعات گسترده‌ای در ارتباط

با ناموزونی دما در سطح دریا و نوسانات فشار جو در سال‌هایی که النینو رخ می‌دهد، انجام گرفته است، مجموعه این تغییرات را بنام نوسانات جنوبی می‌نامند که با کلمه اختصاری ENSO (El Niño Southern Oscillation) یعنی ترکیبی از دو کلمه النینو و نوسانات جنوبی است بکار می‌رود. برای نخستین بار واکر (۱۹۳۲) و بلیس (۱۹۳۷) بر وجود نوسانی در فشار سطح و در مقیاس جهانی اشاره کردند و آن را نوسان جنوبی SO نامیدند. بدین‌سان SO یک الگوی ارتباط از راه دور جهانی در اتمسفر است و به دلیل تمیز آن از سایر الگوهای ارتباط از راه دور (بویژه نوسانات اطللس شمالی و آرام شمالی) جنوبی نامیده شده است. مراکز عمل SO توسط یک گردش مداری شرق به غرب در امتداد صفحه استوا همراه با صعود هوا در غرب اقیانوس آرام و نزول هوا در شرق اقیانوس آرام به یکدیگر مربوط می‌شود و به این ترتیب گردش شکل می‌گیرد که توسط بزرگنس (۱۹۶۹) گردش واکر نامیده شد. النینو مؤلفه اقیانوسی ENSO می‌باشد و با دگرگونی‌های بزرگ در دماهای سطح دریا در منطقه آرام حاره‌ای پدیدار می‌گردد.

راههای مشاهده، ثبت و اندازه‌گیری

نوسان جنوبی یک رفتار الاکلنگی در توده اتمسفری است که مستلزم تبادل هوا میان دو نیمکره شرقی و غربی بوده و در عرض‌های جغرافیایی حاره‌ای و جنب حاره‌ای متمرکز می‌باشد. مراکز عمل آن اطراف اندونزی و شرق آرام جنوبی در بخش حاره‌ای است. زمانی که فشارهای سطح در شرق آرام جنوبی حاره‌ای (تاھیتی در ۱۷ درجه جنوبی و ۱۵۰ درجه غربی) بالای نرمال است در بیشتر نواحی غرب آرام جنوب حاره‌ای (داروین در ۱۲ درجه جنوبی و ۱۳۰ درجه شرقی) فشارهای سطح زیر حد نرمال است، که این فاز سرد نوسان جنوبی نام گرفته و با پدیده لانینا (عکس النینو) همراه است. در این حالت دماهای سطح دریا در شرق آرام جنوبی حاره‌ای پائین تر از نرمال است و بادهای تجارتی و گردش واکر در قویترین وضعیت خود قرار دارند. اما زمانی که فشارهای سطح در شرق آرام جنوبی حاره‌ای پائین تر از نرمال است. در اکثر نواحی غرب آرام جنوبی حاره‌ای فشارهای سطح بالاتر از نرمال است و این شرایط فاز گرم نوسان جنوبی نام گرفته و در اکثر مواقع با پدیده النینو همراه است. با اندازه‌گیری فشارهای سطح در حوزه آرام جنوبی حاره‌ای یک شاخص اتمسفری (Southern Oscillation Index-SOI) برای نوسان جنوبی به صورت زیر تعریف شده است:

النینو لغتی اسپانیولی و به مفهوم پسر بچه و با تعمیم معنا، کودک مسیح است. علت این نام‌گذاری به دلیل اعتقادات قلبی و مذهبی سکنه ساحل‌نشین کشورهای اکوادور و پرو است. عبارت النینو در اصل به یک جریان گرم و ضعیف سالیانه اطلاق می‌شود که حدوداً در زمان کریسمس به سمت جنوب در امتداد سواحل پرو و اکوادور جریان می‌یابد. از این رو کودک مسیح نامیده شده است. لانینا (Lanina) یعنی دختر کوچک و بعضی مواقع (El-viejo) یا (Anti Elnino) خوانده می‌شود.

مقدمه

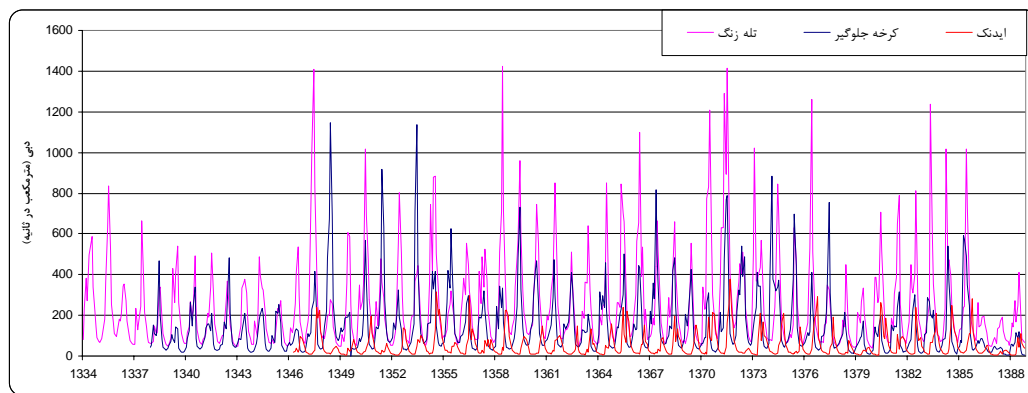
NSFM یک مدل پیش بینی فصلی غیرپارامتری است که احتمالهای وقوع پیوسته جریان (یا هر متغیر آب و هواشناسی دیگر) را پیش بینی می‌کند. NSFM احتمال‌های وقوع چندین ماه پیش‌رو را با استفاده از رابطه تأخیری بین جریان و ENSO (النینو - نوسانات جنوبی) و همبستگی سریال جریان پیش بینی می‌کند. پیش‌بینی‌های جریان احتمالاتی می‌توانند برای تأمین (ارائه) شاخص تخصیص آب آینده یا آب در دسترس برای تصمیم‌های بهتر براساس ریسک، جهت مدیریت مزارع و گیاهان و برای تصمیم‌گیرهای بهتر عملیاتی در مدیریت ذخیره سیستم و تخصیص آب برای مصرف کنندگان رقیب استفاده شوند.

نگرش اجمالی به مدل

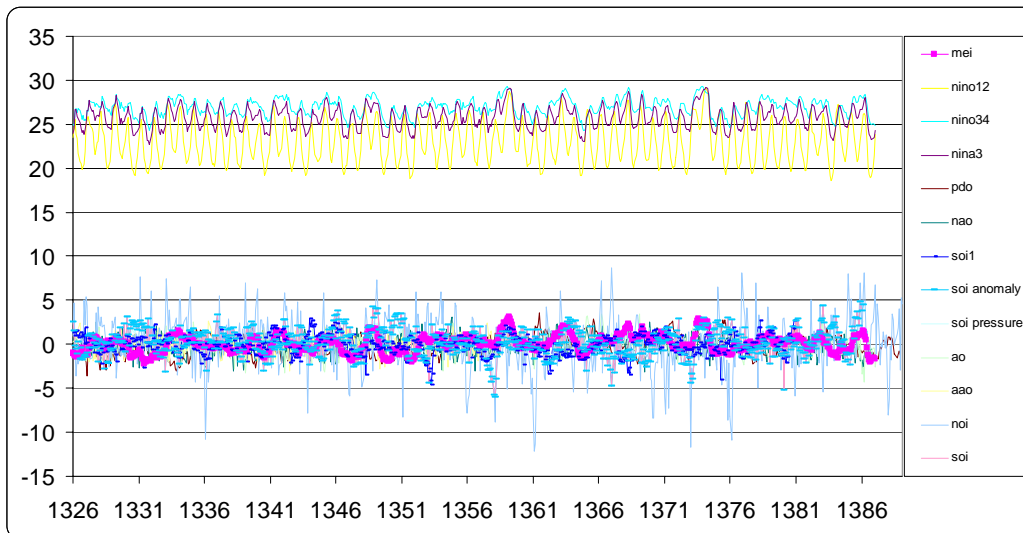
NSFM از یک روش غیرپارامتری برای پیش‌بینی جریان چندین ماه پیش‌رو از متغیرهای پیش‌بینی کننده استفاده می‌کند. NSFM اجازه استفاده از دو متغیر پیش‌بینی کننده، جریان پیشین (جریان در ماه‌های قبل) و شاخص ENSO پیشین (مقدار ENSO در ماه‌های قبل) را می‌دهد. اطلاعات اصلی مورد نیاز برای اجرای NSFM سری‌های زمانی ماهانه جریان و شاخص ENSO هستند. NSFM پیش‌بینی‌های جریان برای احتمالات وقوع ۱۰ درصد تا ۹۹ درصد را ارائه می‌دهد. NSFM یک مدل قدرتمند است. از یک روش غیرپارامتری برای برازش تجربی آمار، بدون هیچ‌گونه پیش فرضی برای ساختار مدل استفاده می‌کند، به گونه‌ای که نتایج مدل به خوبی اطلاعات و روابط استفاده شده برای اشتقاق پیش‌بینی‌ها می‌باشند. به طور کلی، حداقل ۳۰ سال (در صورت امکان ۵۰ سال) اطلاعات می‌باید استفاده شود. کیفیت پیش‌بینی به طور مستقیم با همبستگی بین جریانی که باید پیش‌بینی شود و متغیرهای پیش‌بینی کننده بستگی دارد. مهارت ضعیف مدلسازی منجر به پیش‌بینی‌های وقوع احتمالاتی می‌شوند که بهتر از پیش‌بینی‌های حاصل از اقلیم به تنهایی نیستند (مقدار E و LEPS صفر).

NSFM از یک روش غیرپارامتری برای پیش‌بینی احتمال‌های وقوع پیوسته جریان (و یا هر متغیر دیگری) استفاده می‌کند. این روش از آنالیز تفکیک (DISCRIMINANT) خطی برای برازش تجربی داده‌ها بدون انجام هیچ‌گونه پیش فرضی در مورد ساختار مدل استفاده می‌کند. NSFM می‌تواند جریان را با استفاده از یک یا چند متغیر توضیحی (EXPLANATORY) پیش‌بینی کند. در بحث پیش‌رو، جریانی که باید پیش‌بینی شود Q و متغیرهای توضیحی X (SOI و یا شاخص دیگر ENSO) و Y (رواناب) خوانده می‌شوند.

ورودی‌های مدل



شکل ۱: جریان ماهانه ورودی مدل برای سه ایستگاه تله زنگ، کرخه جلوگیر و ایدنک



شکل ۲: شاخص‌های بزرگ مقیاس ورودی به مدل

سد مارون:

سد مارون در جنوب غربی کشور و در ۱۹ کیلومتری شمال شرقی بهبهان بر روی رودخانه مارون واقع شده است که فاصله آن تا شهر اهواز ۲۲۰ کیلومتر می‌باشد. رودخانه مارون یکی از رودخانه‌های اصلی استان خوزستان بوده که وسعت حوضه آبریز آن ۳۸۲۴ کیلومتر مربع است. میزان آورد سالانه این رودخانه در محل ایستگاه بهبهان برابر ۱۵۸۳ میلیون مترمکعب و متوسط آبدهی سالیانه آن ۵۰ مترمکعب در ثانیه می‌باشد.

سد کرخه:

سد کرخه در ۲۱ کیلومتری شمال غرب اندیمشک در استان خوزستان (در جنوب غربی ایران) احداث گردیده است. این پروژه در ۴۸ درجه و ۸٫۷ دقیقه طول شرقی و نیز ۳۲ درجه و ۶٫۲۹ دقیقه شمالی واقع شده است. رودخانه کرخه از مناطق میانی و جنوب غربی رشته کوه‌های زاگرس در نواحی غرب و شمال غرب کشور سرچشمه گرفته و پس از طی مسافتی در حدود ۹۰۰ کیلومتر در امتداد شمال به جنوب سرانجام در مرز مشترک ایران و عراق به مرداب هورالعظیم می‌رسد. رودخانه کرخه پس از رودخانه‌های کارون و دز سومین رودخانه بزرگ ایران از نظر آبدهی محسوب می‌شود.

سد دز:

سد دز، سدی بتنی- دو قوسی که بر روی رودخانه دز واقع در استان خوزستان، در نزدیکی شهرهای دزفول و اندیمشک قرار دارد. این سد توسط شرکت مهندسی مشاور D&R طراحی و اجرا گردید. ساخت این سد در سال ۱۳۴۲ به اتمام رسیده است. تامین آب آبیاری، تولید برقآبی و کنترل سیلاب از اهداف اصلی این سد است. حوزه آبریز رودخانه دز در ارتفاعات زاگرس میانی واقع شده و یکی از حوزه‌های آبریز منتهی به خلیج فارس می‌باشد. این حوزه با مساحت ۲۳۲۵۲ کیلومتر مربع از زیرحوزه-

های تیره، سزار، بختیاری و دز پایین بعد از محل سد دز تشکیل شده است. رودخانه دز از دو شاخه اصلی بنام سزار و بختیاری تشکیل می‌شود. حوضه دز از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۱۰° و ۴۸° تا ۲۱° و ۵۰° طول شرقی ۳۴° و ۳۱° تا ۷° و ۳۴° عرض شمالی محدود است.

راندمان ناش - سوتکلیف E

راندمان E پیشنهادی بوسیله Nash و Sutcliffe در سال ۱۹۷۰ به صورت یک منهای مجموع قدرمطلق مربع تفاضل‌های بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهداتی نرمالیزه شده بوسیله واریانس مقادیر مشاهداتی در طول دوره زمانی مورد بررسی تعریف می‌شود و به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (1)$$

نرمالیزه کردن سری‌های مشاهداتی منجر به مقادیر نسبتاً بالاتر E در حوضه‌های با دینامیک بالاتر و مقادیر E کمتر در حوضه‌های با دینامیک کمتر می‌شود. برای رسیدن به مقادیر قابل قیاس E در حوضه‌های با دینامیک کمتر، پیش‌بینی می‌باید بهتر از پیش‌بینی در حوضه‌های با دینامیک بالاتر باشد. دامنه E بین ۱ (برازش دقیق و کامل) و منهای بینهایت قرار دارد. راندمان E کمتر از صفر نشان می‌دهد که مقدار میانگین سری‌های زمانی مشاهداتی یک پیش‌بینی کننده بهتری نسبت به این مدل می‌باشد. بزرگترین ایراد راندمان ناش - سوتکلیف این حقیقت است که اختلاف‌های بین مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی به صورت مقادیر مربع محاسبه می‌شوند. در نتیجه مقادیر بزرگتر در یک سری زمانی به شدت، بیش تخمین زده می‌شوند و مقادیر کوچکتر نادیده گرفته می‌شوند (لیگیتس و مک کابه در سال ۱۹۹۹). برای به مقدار درآوردن پیش‌بینی‌های جریان این منجر به بیش تخمینی عملکرد مدل در دوره‌های جریان سیلابی و کم تخمینی در حین شرایط جریان پایین می‌شود.

امتیاز خطای خطی در فضای احتمالاتی (LEPS)

مهارت در پیش‌بینی با استفاده از امتیاز خطای خطی در فضای احتمالاتی (LEPS) اندازه‌گیری می‌شود. امتیاز LEPS معیار مهارت است که در ابتدا برای ارزیابی وضعیت مقادیر پیش‌بینی و مشاهداتی در تابع توزیع احتمالاتی تجمعی CPD (عدم وقوع) توسعه یافت. امتیاز LEPS می‌تواند برای متغیرهای پیوسته و دسته بندی شده استفاده شود (وارد و فولند در سال ۱۹۹۱ و پاتس و همکاران در سال ۱۹۹۶). امتیاز LEPS اصلاح شده به دلیل عدم وجود معیاری مناسب برای ارزیابی مهارت در پیش‌بینی‌های احتمال وقوع مورد نیاز است. یک معیار بهتر، معیار است که در آن وزن بیشتر به یک پیش‌بینی که به صورت موفقیت آمیز جریان بالا یا پایین را پیش‌بینی کند، بدهد. کاربرد امتیاز LEPS در اینجا مطلوب است زیرا که این معیار به تغییرات در نزدیکی مرکز توزیع احتمالاتی تجمعی حساسیت کمتری دارد و

لزوماً به یک پیش‌بینی موفقیت آمیز مقادیر حدی (پایکوتا و همکاران در سال ۲۰۰۱) اهمیت بیشتری می‌دهد. گام‌های توسعه و معادلاتی که برای تولید یک امتیاز LEPS برای یک پیش‌بینی احتمالاتی وقوع استفاده می‌شوند، می‌توانند در در پایکوتا و همکاران در سال ۲۰۰۱ مطالعه شوند. از دیدگاه احتمالاتی، امتیاز LEPS فاصله بین مقادیر پیش‌بینی و مشاهداتی را اندازه می‌گیرد. در ابتدا، یک منحنی "بدون مهارت" و یا "اقلیمی" برای مقادیر جریان سالانه مشاهداتی توسعه یافت. منحنی "اقلیمی" بوسیله رتبه‌بندی نزولی مقادیر جریان سالانه مشاهداتی (یعنی احتمال عدم وقوع) و تقسیم رتبه هر مقدار بر تعداد کل سال‌ها در دوره آماری حاصل می‌شود. امتیاز LEPS به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S = 3(1 - |P_f - P_o| + P_f^2 - P_f + P_o^2 - P_o) - 1 \quad (2)$$

جاییکه P_o و P_f به ترتیب احتمالات تجمعی پیش‌بینی و مشاهداتی می‌باشند. امتیاز LEPS بیش از ۱۰ به طور عمومی مهارت خوب تلقی می‌شود. مهارت مربوط به هر پیش‌بینی منفرد بوسیله آنالیزهای کالیبراسیون و صحت‌سنجی ضربدری محاسبه می‌شوند. امتیاز LEPS برای آنالیز کالیبراسیون یک امتیاز مهارت مستقل نمی‌باشد به این دلیل که براساس همان اطلاعاتی است که مدل برای آنها کالیبره شده است.

نتایج و بحث

در ادامه نمونه پیش‌بینی مدل برای مهرماه سال ۱۳۸۹ ایدنک و شاخص AO (پیش‌بینی ماه ۷ با استفاده از ماه‌های ۵ و ۶) آورده شده است. ضمناً ذکر می‌شود که دبی اتفاق افتاده در این ماه ۷/۸ مترمکعب در ثانیه می‌باشد.

جدول ۱: پیش‌بینی مدل برای مهرماه سال ۱۳۸۹ ایدنک و شاخص AO

Exceedance Probabilities	Flow=19.17	SOI=-0.98	Flow+AO
10	74.99	150	54.18
20	48.65	69.53	45.83
30	40.83	52.05	39.93
40	39.44	45.39	35.02
50	36	41.8	30.1
60	24.48	39.4	24.18
70	23.24	29.24	22.41
80	7.03	23.63	11.63
90	3.52	23.23	7.49
95	1.76	5.16	3.74
99	0.35	1.03	0.75

نتایج کالیبراسیون مدل برای دو شاخص معیارهای امتیاز خطای خطی در فضای احتمالاتی و راندمان ناش - سوتکلیف دقت پایین و همبستگی کم بین شاخص‌های بزرگ مقیاس استفاده شده SOI، AO، NOI، PDO، NAO، MEI و ... می‌باشد. بنابراین مقادیر آورد پیش‌بینی شده به این طریق با دقت

زیاد ارائه شده و استفاده از آنها با ملاحظه انجام شود. در ضمن پیشنهاد می شود که شاخص های بزرگ مقیاسی که در مناطق جغرافیایی نزدیک تر و از لحظ هواشناسی و هیدرولوژیکی مرتبط تر برداشت می - شوند نیز مورد بررسی قرار بگیرند.

جدول ۲: نتایج کالیبراسیون و صحت سنجی ضربدری (به ترتیب) برای شاخص AO پیش بینی ماه ۷ با استفاده از ماه های ۵ و ۶

نام سد	LEPS		E		جریان
	شاخص AO	جریان	شاخص AO ^۱	جریان و شاخص	
سد دز	۱۰,۸۱	۲۶,۷۳	۰,۱۴	۰,۵۰	۰,۳۶
سد مارون	۶,۷۵	۱۸,۷۲	۰,۰۴	۰,۲۱	۰,۱۴
سد کرخه	۵,۶۸	۴۳,۴۶	۰,۰۹	۰,۶۰	۰,۵۵
سد دز	۴,۰۹	۲۱,۱۲	۰,۰۲	۰,۲۱	۰,۲۹
سد مارون	۱,۰۳-	۱۰,۶۶	۰,۱۳-	۰,۰۷	۰,۰۰
سد کرخه	۲,۷۶-	۳۶,۲۳	۰,۰۸-	۰,۳۹	۰,۴۵

جدول ۳: نتایج کالیبراسیون و صحت سنجی ضربدری (به ترتیب) برای شاخص SOI پیش بینی ماه ۷ با استفاده از ماه های ۵ و ۶

نام سد	LEPS		E		جریان
	شاخص SOI	جریان	شاخص SOI ^۲	جریان و شاخص	
سد دز	۵,۷۰	۲۶,۷۳	۰,۰۵	۰,۴۰	۰,۳۶
سد مارون	۱۳,۴۲	۱۸,۷۲	۰,۱۰	۰,۲۱	۰,۱۴
سد کرخه	۵,۲۰	۴۳,۴۶	۰,۰۷	۰,۵۷	۰,۵۵
سد دز	۲,۳۷-	۲۱,۱۲	۰,۰۹-	۰,۱۲	۰,۲۹
سد مارون	۵,۳۷	۱۰,۶۶	۰,۰۵-	۰,۱۰-	۰,۰۰
سد کرخه	۴,۳۴-	۳۶,۲۳	۰,۱۶-	۰,۳۴	۰,۴۵

جدول ۴: نتایج کالیبراسیون و صحت سنجی ضربدری (به ترتیب) برای شاخص MEI پیش بینی ماه ۷ با استفاده از ماه های ۵ و ۶

نام سد	LEPS		E		جریان
	شاخص MEI	جریان	شاخص MEI ^۳	جریان و شاخص	
سد دز	۶,۰۷	۲۶,۷۳	۰,۱۱	۰,۵۶	۰,۳۶

- 1 -arctic oscillation
 2-southern oscillation index
 3 -multivariate ENSO index

سد مارون	۰,۱۴	۰,۰۴	۰,۱۹	۱۸,۷۲	۶,۹۳	۲۸,۴۶
سد کرخه	۰,۵۵	۰,۰۵	۰,۶۰	۴۳,۴۶	۵,۷۸	۴۹,۱۶
سد دز	۰,۲۹	۰,۰۳-	۰,۳۲	۲۱,۱۲	۱,۸۱-	۲۱,۱۲
سد مارون	۰,۰۰	۰,۱۱-	۰,۰۹-	۱۰,۶۶	۱,۹۰-	۶,۶۴
سد کرخه	۰,۴۵	۰,۱۰-	۰,۳۳	۳۶,۲۳	۲,۳۳-	۳۰,۸۴

جدول ۵: نتایج کالیبراسیون و صحت‌سنجی ضریب‌ری (به ترتیب) برای شاخص NAO پیش‌بینی ماه ۷ با استفاده از ماه‌های ۵ و ۶

نام سد	E			LEPS	
	جریان	شاخص NAO ⁺	جریان و شاخص	جریان	شاخص NAO
سد دز	۰,۳۶	۰,۱۶	۰,۴۸	۲۶,۷۳	۱۲,۱۴
سد مارون	۰,۱۴	۰,۰۴	۰,۲۳	۱۸,۷۲	۶,۸۴
سد کرخه	۰,۵۵	۰,۱۰	۰,۶۰	۴۳,۴۶	۷,۷۵
سد دز	۰,۲۹	۰,۰۴	۰,۲۲	۲۱,۱۲	۴,۰۷
سد مارون	۰,۰۰	۰,۱۲-	۰,۱۳-	۱۰,۶۶	۳,۴۴-
سد کرخه	۰,۴۵	۰,۱۳-	۰,۳۸	۳۶,۲۳	۱,۵۴-

تقدیر و تشکر

مولفین بر خود لازم میدانند از دفتر تحقیقات و استانداردهای سازمان آب و برق خوزستان به دلیل حمایت از کارهای تحقیقاتی تشکر کنند.

مراجع:

- [1] Inter-decadal Pacific Oscillation Modulation of the Impact of El Niño/Southern Oscillation on Australian Rainfall and Streamflow, F.H.S. Chiew and M.J. Leahy.
- [2] Simulation of Climate Change Impact on Runoff Using Rainfall Scenarios that Consider Daily Patterns of Change from GCMs, F.H.S. Chiew, T.I. Harrold, L. Siriwardena, R.N. Jones and R. Srikanthan.
- [3] Persistence of Australian streamflow and its application to seasonal forecasts, D.T. Owens, N.M. Clarkson, and J.F. Clewett.
- [4] An Assessment of the Value of Seasonal Forecasts in Australian Farming Systems, Letcher, R.A., Chiew, F.H.S., Jakeman, A.J.
- [5] Long-lead probabilistic forecasting of streamflow using ocean-atmospheric and hydrological predictors, Shahab Araghinejad, Donald

H. Burn, and Mohammad Karamouz, WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 42, W03431, doi:10.1029/2004WR003853, 2006.

[6] Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment, P. Krause, D. P. Boyle, and F. Base, Advances in Geosciences, 5, 89–97, 2005.

[7] Assessment of rainfall simulations from global climate models and implications for climate change impact on runoff studies, Chiew, F.H.S., D.G.C. Kirono, D. Kent and J. Vaze, 18th World IMPACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009.

[8] Forecasts of Seasonal Irrigation Allocations in the Goulburn Catchment, Victoria, Rebgetz, M.D., F.H.S. Chiew and H.M. Malano.