

پایش ملی انسان، محیط زیست و توسعه پایدار
بانگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان

۱۳۸۸/۲۰ شماره ۱۹

ارزیابی تاثیر پدیده انسو (ENSO) بر میزان تبخیر و تعرق مرجع فصلی در اقلیم های سرد سارا تنیان^{۱*}، علی اکبر سبزی پرور^۲، صفر معروفی^۳

چکیده:

محاسبه دقیق و صحیح تبخیر و تعرق مرجع و نیاز آبی در استفاده بهینه از منابع آب، مدیریت صحیح و توسعه پایدار حائز اهمیت می باشد. انجام پژوهش های مرتبط با تغییر اقلیم برای آمادگی هر چه بیشتر جهت مقابله و کاهش هزینه های خسارت بار ناشی از این تغییر ضروری می باشد. پدیده انسو یکی از عوامل تغییر دهنده اقلیم به شمار می آید، لذا در این تحقیق به بررسی اثرات پدیده انسو بر تبخیر و تعرق مرجع فصلی با استفاده از شاخص نوسانات جنوبی پرداخته می شود. بدین منظور ۹ شهر از شهرهای مناطق سرد خشک و سرد نیمه خشک کشور با طول دوره آماری ۵۰ ساله (۲۰۰۶-۱۹۵۷) انتخاب شد. نتایج حاصل از بکارگیری آزمون های همبستگی در مقیاس فصلی حاکی از ارتباط مثبت شاخص نوسانات جنوبی با تبخیر و تعرق مرجع در مناطق مورد مطالعه می باشد. طبق نتایج به دست آمده شهر قزوین بیشترین تاثیر پذیری را در میان شهرهای مورد بررسی داراست و تاثیر پذیری تبخیر و تعرق مرجع در فصل پاییز ۷۵ درصد از تاثیر پذیری کل فصول را شامل می شود. در حالت کلی مناطق مورد مطالعه با متوسط ضریب همبستگی ۰/۳۷ تحت تاثیر شاخص نوسانات جنوبی قرار گرفتند، به نحوی که تبخیر و تعرق مرجع در فاز النینو نسبت به فاز نرمال ۹/۹٪ کاهش، و در فاز لانینا نسبت به فاز نرمال ۸/۳٪ افزایش یافت. تبخیر و تعرق مرجع در فاز النینو نیز نسبت به فاز لانینا ۱۰/۸٪ کاهش نشان داد.

کلمات کلیدی: النینو، لانینا، نوسانات جنوبی، تبخیر و تعرق مرجع، پدیده انسو، آزمون من ویتنی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

۳- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

مقدمه:

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و ثابت بودن منابع طبیعی، برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار کشاورزی از اولویت بالایی برخوردار است. لذا برای تامین امنیت غذایی، مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع محدود طبیعی از جمله منابع آبی، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. بخش عظیمی از منابع آبی صرف تامین نیاز آبی بخش کشاورزی می‌شود. تبخیر و تعرق، به عنوان مهم‌ترین گزینه در تعیین نیاز آبی، تحت تاثیر پارامترهای مختلف هواشناسی قرار می‌گیرد. تعیین و تامین دقیق مقدار آبی که برای تبخیر و تعرق مصرف می‌شود، از عوامل تعیین کننده برای برنامه‌ریزی و رسیدن به محصول بیشتر است. از طرف دیگر برای طراحی و تامین ظرفیت شبکه‌های گران‌قیمت آبیاری و زهکشی ارقام تبخیر و تعرق نقش مهمی دارند (پ). تبخیر و تعرق در چرخه هیدرولوژیکی نقشی کلیدی بر عهده دارد و حلقه اتصال زمین و اتمسفر می‌باشد. تبخیر و تعرق سطحی، ۶۰ تا ۶۵ درصد بارش سطحی زمین را گرفته، و چرخه هیدرولوژیکی و هواشناسی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (غ)، لذا تبخیر و تعرق یکی از اجزاء اصلی بیلان آب در طبیعت است و تقریباً در تمام مطالعات آب‌شناسی تا حدی مطرح می‌شود. جامعه مدرن در آینده برای تخصیص موثر منابع آب با دو پیشامد تغییر اقلیم و کشمکش‌های در حال رشد بر سر آب در میان بخش‌های اقتصادی روبرو خواهد بود (ظ). تغییر اقلیم طی چند دهه گذشته توجه متخصصین و پژوهشگران زیادی را در سراسر جهان به خود جلب کرده است. پدیده انسو (النینو- نوسانات جنوبی) یکی از عوامل ایجاد تغییر اقلیم میباشد. این پدیده یک زوج اقیانوسی- اتمسفری است (ز). واژه انسو از ترکیب دو واژه نوسان جنوبی و الینو گرفته شده است. الینو مؤلفه اقیانوسی پدیده می‌باشد که با ایجاد جریانهای گرم در ایام سال نو مسیحی در سواحل اکوادور و پرو اتفاق می‌افتد و با گرمایش وسیع و غیر معقول اکولوژی منطقه‌ای و محلی را تغییر می‌دهد (ع).

نوسانات جنوبی مؤلفه اتمسفری پدیده انسو می‌باشد، که معمولاً اختلاف فشار سطحی دریا بین دو جزیره تاهیتی در شرق و داروین استرالیا در غرب اقیانوس آرام به عنوان مبنای اندازه‌گیری شاخص نوسانات جنوبی می‌باشد (ج). اولین بار گیلبرت واکر در سال ۲۳-۱۹۲۲ پدیده نوسانات جنوبی را از تغییرات فشار دو جزیره تاهیتی و داروین در آرام استوایی شناسایی و معرفی کرد.

$$SOI = P(T) - P(D)$$

شاخص مثبت بیانگر فشار زیاد هوا در جزایر تاهیتی، و فشار کم در حوالی اندونزی و داروین استرالیا می‌باشد، که تحت عنوان لانینا شناخته می‌شود. شاخص منفی (فاز الینو) نشانگر فشار نسبتاً بالای هوا در حوالی اندونزی- داروین و فشار تقریباً کم در حوالی تاهیتی می‌باشد (ب). پدیده انسو سازو کار در مقیاس جهانی بوده و نقاط گوناگون کره زمین با شدت و ضعف از آن تاثیر می‌پذیرند. در مورد تاثیر پدیده انسو بر آب و هوای کشور، باید اذعان کرد که دوری و نزدیکی مناطق مختلف با ناحیه شرق آرام استوایی در میزان تاثیرگذاری مؤثر است و بدیهی است که بین شدت تاثیر و دوری از منطقه فوق رابطه معکوس وجود دارد (ب).

تأثیرات مختلف پدیده انسو بر متغیرهای هیدرولوژیکی در منطقه کلمبیا در سالهای ۱۹۹۸-۱۹۵۸ بررسی شد. تاثیر انسو بر جریان آبراهه‌ها بدلیل تاثیر همزمان بر رطوبت خاک و تبخیر و تعرق، شدیدتر از بارش بود. رطوبت خاک طی الینوی شدید ۱۹۹۸-۱۹۹۷ کاهش، و در شرایط پر باران لانینا ۱۹۹۹-۱۹۹۸ به حداکثر خود رسید. شاخص‌های گیاهی (NDVI) نیز در زمان وقوع الینو کاهش نشان دادند. (ط).

طبق نتایج تحقیقی که در مکزیک انجام شد، مزایای یک سیستم پیش‌بینی انسو در صورتی که قدرت پیش‌بینی آن ۷۰٪ فرض شود، برای کشور مکزیک سالانه حدود ۱۰ میلیون دلار آمریکا می‌باشد. فاز الینو باعث کاهش

محصولات کشاورزی می‌شود. برای مثال در سالهای ۱۹۸۶، ۱۹۸۲ و ۱۹۸۷ محصولات دیم به ترتیب ۸۶٪، ۷۳٪ کاهش یافت، در حالی که به طور متوسط در ۳۰ سال اخیر تنها ۱۳٪ محصولات دیمی کاهش یافته بود (ر). همچنین طبق تحقیقی که پیرامون تأثیر پدیده انسو بر روی تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) در حوضه رودخانه میبو در کشور شیلی انجام شد، مقدار ET_0 در فصل‌های زمستان و بهار بین سال‌های لائینا و النینو ۳۰ درصد تفاوت داشته، و نیاز آبی در حوضه مورد بررسی در طول لائینا ۲۰ درصد افزایش نشان داد (ض). دبی رودخانه‌های مناطق حاره‌ای به پدیده انسو حساس می‌باشند. تحقیقات نشان داد افت و خیز دبی رودخانه‌ها در مناطق حاره‌ای باشاخص‌های انسو مانند شاخص نوسان جنوبی و تغییر دمای سطح آب در منطقه نینو ۳/۴، هماهنگی دارد. فاز گرم این پدیده (النینو)، باعث افت سطوح سیلابی شده و برعکس فاز سرد (لائینا)، موجب افزایش دبی رودخانه‌ها و خیز سطوح سیلابی می‌گردد (ص). مطالعه پهنای حلقه‌های درختان کائوری در نیوزلند با شاخص‌های مختلف پدیده انسو از جمله دمای سطح آب منطقه نینو ۳/۴ و شاخص SOI، حاکی از حساسیت درختان کائوری به این پدیده می‌باشد. حلقه درختان در سالهای متناظر با النینو پهن تر و در سالهای همراه با لائینا باریک‌تر بودند (ژ).

در ایران نیز تحقیقات مختلفی در مورد تغییرات الگوی بارش و دما انجام شده است. نوسانات بارش جنوب و جنوب غرب ایران در دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۱۹۹۹ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش شدت تواتر پدیده النینو با روند افزایش بارش فصل سرد در این مناطق در ارتباط می‌باشد (خ). همچنین در مطالعه‌ای دیگر، در دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۲ با در نظر گرفتن شاخص SOI در فصل تابستان به عنوان پیش‌گوکننده، و شرایط خشک و تر در پاییز به عنوان پیش‌گو شونده، نشان داده شد که با وقوع یک النینوی تابستانه و در شرایطی که $SOI < 5$ باشد، شرایط ترسالی پاییزه در بسیاری از نقاط کشور در سطح معنی داری ۹۵٪ پیش‌بینی می‌گردد. این در شرایطی است که با وقوع لائینای تابستانه ($SOI > 5$) در تعداد زیادی از ایستگاههای مورد مطالعه، شرایط خشکسالی پیش‌بینی می‌گردد (د). بررسی نوسانات دمایی در ۱۵ ایستگاه هواشناسی و برای دوره آماری ۳۰ نشان داد که پدیده انسو بر میزان دمای مناطق مختلف کشور تأثیرگذار می‌باشد و مناطق مختلف کشور، در فصول مختلف، شرایط یکسانی را همزمان با وقوع النینو تجربه نمی‌کنند (چ). همچنین تغییرپذیری دمای هوای سه شهر ایران از جمله تبریز، سقز و قزوین در سال‌های انسو نسبت به سال‌های خنثی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که دمای هوای تبریز و قزوین با تأخیر سه ماهه از فاز النینو در فصل تابستان تأثیر گرفته و در پاییز نسبت به سال‌های خنثی کاهش معنی‌داری می‌یابد. همچنین در فاز لائینا و فصل زمستان دمای هوای هر سه شهر نسبت به فاز خنثی تغییر معنی‌داری نمی‌کند (ح).

بنابراین با وجود تأثیرپذیری پارامترهای هواشناسی نظیر بارش و دما از پدیده انسو، و اهمیت تبخیر و تعرق و فقدان تحقیقات مشابه در مورد تبخیر و تعرق در کشور، تحقیق حاضر بر این تلاش است تا میزان تأثیرگذاری این پدیده را بر تبخیر و تعرق مرجع اقلیم‌های سرد در مقیاس فصلی مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها:

در این تحقیق ۹ شهر از شهرهای مناطق سرد خشک و سرد نیمه خشک کشور انتخاب شد (جدول ۱). نوع اقلیم هر منطقه با استفاده از نتایج پروژه پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی با روش یونسکو که در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور انجام شده بود، مشخص گردید (ث). انتخاب ایستگاهها و طول دوره آماری به گونه‌ای بود که کمترین خلاء آماری را شامل شود و حتی الامکان پهنه مناطق سرد و خشک و سرد نیمه خشک کشور را پوشش دهد. طول دوره آماری ۵۰ ساله (۱۹۵۷-۲۰۰۶) می‌باشد. موقعیت جغرافیایی و نوع اقلیم شهرهای مورد مطالعه در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول (۱): موقعیت جغرافیایی، اقلیم بر اساس طبقه بندی یونسکو و طول دوره آماری شهرهای مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع اقلیم	ارتفاع (m)	عرض جغرافیایی (درجه شمالی)	طول جغرافیایی (درجه شرقی)
اراک	SA-K-W	۱۷۰۸	۳۴° ۶'	۴۹° ۴۶'
خوی	SA-K-M	۱۱۰۳	۳۸° ۳۳'	۴۴° ۵۸'
ارومیه	SA-K-M	۱۳۱۵/۹	۳۷° ۳۲'	۴۵° ۵'
اصفهان	A-C-W	۱۵۵۰/۴	۳۲° ۳۳'	۵۱° ۴'
تبریز	SA-K-M	۱۳۶۱	۳۸° ۵'	۴۶° ۱۷'
زنجان	SA-K-W	۱۶۶۳	۳۶° ۴۱'	۴۸° ۲۹'
شاهرود	A-C-W	۱۳۴۵/۳	۳۶° ۲۵'	۵۴° ۵۷'
قزوین	SA-K-W	۱۲۷۹/۲	۳۶° ۱۵'	۵۰° ۳'
همدان	SA-K-W	۱۶۷۹/۷	۳۵° ۱۲'	۴۸° ۴۳'

SA-K-W: منطقه نیمه خشک با زمستان سرد و تابستان گرم A-C-W: منطقه خشک با زمستان خنک و تابستان گرم

SA-K-M: منطقه نیمه خشک با زمستان سرد و تابستان معتدل

ابتدا داده‌های هواشناسی از طریق سایت سازمان هواشناسی ایران دریافت شد. اطلاعات هواشناسی شامل دمای ماکزیمم، دمای مینیمم، فشار بخار اشباع، رطوبت نسبی حداکثر و حداقل، سرعت باد و فشار هوا بود. سپس خلاءهای آماری پارامترها تکمیل گردید و با استفاده از نرم‌افزار SPSS صحت و همگنی داده‌ها از طریق آزمون رانمورد آزمون قرار گرفت. در مرحله بعد با وارد کردن داده‌ها در محیط نرم‌افزار اکسل، عملیات آماده‌سازی داده‌ها جهت استفاده در نرم‌افزار REF-ET به منظور استخراج تبخیر و تعرق مرجع ماهانه (ET_0) انجام شد. روش تعیین تبخیر و تعرق مرجع مورد استفاده در این تحقیق، روش پنمن مانیتث فائو می‌باشد (ذ). داده‌های ماهانه شاخص نوسان جنوبی (SOI) در دوره زمانی مذکور از سایت سازمان هواشناسی استرالیا استخراج گردید. در این تحقیق ماههای ژانویه تا مارس به عنوان فصل زمستان، آوریل تا ژوئن به عنوان بهار، ژوئیه تا سپتامبر به عنوان فصل تابستان و اکتبر تا دسامبر به عنوان فصل پاییز در نظر گرفته شده است. میانگین حسابی هر سه ماه در پارامتر تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) و شاخص نوسانات جنوبی (SOI) به عنوان مقدار فصلی آنها قلمداد می‌شود. با استفاده از آزمون

کولموگروف-اسمیرنوف و نرم افزار SPSS از نرمال بودن داده‌های تبخیر و تعرق مرجع و شاخص نوسانات جنوبی در مقیاس فصلی اطمینان به عمل آمد. در مرحله بعد با توجه به اینکه آغاز پدیده انسو معمولاً از اوایل سال میلادی می‌باشد، با استفاده از نرم افزار SPSS ضرایب همبستگی به صورت همزمان و فصول بعد، با تاخیرهای زمانی، تا زمستان سال بعد از وقوع پدیده انسو محاسبه گردید. آزمون‌های همبستگی مورد استفاده، آزمون‌های پیرسون و اسپیرمن در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد و ۹۹ درصد بودند. در مواردی که ضرایب همبستگی معنی‌دار بود، سری‌های شاخص نوسانات جنوبی، به ترتیب صعودی مرتب شد. بعد از مرتب سازی مقادیر شاخص نوسانات جنوبی به صورت صعودی، ۲۵٪ بالایی (مقادیر کمتر SOI) شاخص نوسانات جنوبی به عنوان فاز النینو، ۲۵٪ پایینی (مقادیر بیشتر SOI) شاخص نوسانات جنوبی به عنوان فاز لانینا و مقادیر بین این دو محدوده به عنوان فاز نرمال در نظر گرفته شد (ش). متوسط مقادیر تبخیر و تعرق مرجع در فازهای النینو و لانینا نسبت به هم و نسبت به متوسط تبخیر و تعرق مرجع فاز نرمال محاسبه گردید. در نهایت با استفاده از آزمون من-ویتنی و در محیط نرم افزار SPSS و با تشکیل سریهای مکانی و زمانی معنی‌داری اختلاف میانگین‌های تبخیر و تعرق مرجع محاسبه شده در فازهای مختلف مورد آزمون قرار گرفت.

بحث و نتیجه‌گیری:

در جدول ۲ مقادیر همبستگی تبخیر و تعرق مرجع و نوسانات جنوبی (SOI) در شهرهای مورد مطالعه در مقیاس فصلی ارائه شده است. در میان شهرهای مورد بررسی تبخیر و تعرق مرجع در دو شهر همدان و خوی فاقد همبستگی معنی‌دار با شاخص نوسانات جنوبی در مقیاس فصلی بودند. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نوع همبستگی بین تبخیر و تعرق مرجع و شاخص نوسانات جنوبی در تمامی شهرهای مورد بررسی مثبت می‌باشد. بدین نحو که با افزایش شاخص نوسانات جنوبی (SOI) و وقوع فاز لانینا، تبخیر و تعرق مرجع نیز افزایش می‌یابد و با کاهش شاخص نوسانات جنوبی و وقوع فاز النینو، تبخیر و تعرق مرجع فصلی نیز کاهش می‌یابد. بیشترین ضریب همبستگی متعلق به تاثیر تغییرات شاخص نوسانات جنوبی در فصل بهار بر تبخیر و تعرق مرجع فصل پاییز (با تاخیر شش ماهه) در شهر قزوین و به مقدار ۰/۵۷ می‌باشد، لذا تغییرات شاخص نوسانات جنوبی در فصل بهار می‌تواند ۳۲ درصد از تغییرات تبخیر و تعرق مرجع در فصل پاییز را توجیه نماید ($R^2=0.32$). کمترین ضریب همبستگی مربوط به شهر زنجان و تاثیرگذاری SOI پاییز بر تبخیر و تعرق مرجع پاییز به میزان ۰/۲۹ بود. از نظر تعداد فصول تاثیرپذیر نیز شهر قزوین بیشترین تاثیرپذیری را از پدیده انسو می‌پذیرد، به نحوی که به جز فصل زمستان، تبخیر و تعرق مرجع در سایر فصول تحت تاثیر این پدیده قرار می‌گیرند. تبخیر و تعرق مرجع در فصل پاییز در شهر قزوین از نوسانات فصلی بهار، تابستان و پاییز متاثر می‌گردد.

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲ تأثیرپذیری تبخیر و تعرق مرجع در فصل پاییز (۷۵ درصد) و فصل تابستان (۱۹ درصد) بیشترین تأثیرپذیری کل فصول را شامل می‌شود که با عنایت به نوع اقلیم مناطق مورد مطالعه، این فصول در طول دوره رشد گیاهان قرار می‌گیرند و از نظر کاهش یا افزایش تبخیر و تعرق مرجع و نیاز آبی حائز اهمیت می‌باشند. فصل پاییز در شهر شاهرود به طور همزمان و در سایر شهرها علاوه بر تاثیرپذیری همزمان از تغییرات شاخص SOI پاییز، تحت تاثیر نوسانات جنوبی سایر فصول نیز قرار می‌گیرد، به نحوی که متوسط تاثیرپذیری فصل پاییز در شهرهای مورد بررسی با تاخیر زمانی ۰/۷۵ فصل، تقریباً کمی بیش از ۲ ماه می‌باشد. نتایج

این تحقیق نشان می‌دهد که نوسانات جنوبی فصل پاییز و فصل بهار، از موثرترین فصول تأثیرگذار می‌باشند، به نحوی که هر کدام ۳۷ درصد از فصول تأثیرگذار را شامل می‌شوند (جدول ۲). در مناطق مورد مطالعه اختلاف میانگین تبخیر و تعرق مرجع در دو فاز النینو و لانینا در ۶۳٪ از موارد معنی‌دار بود که حاکی از تأثیرگذاری قوی پدیده انسو بر تبخیر و تعرق مرجع می‌باشد.

جدول ۲: نتایج فصول تأثیرگذار و تأثیرپذیر، ضریب همبستگی، تاخیر زمانی و درصد تغییرات میانگین‌ها در مواردی که دارای اختلاف معنی‌دارند

ایستگاه	فصل تأثیرگذار (SOI)	فصل تأثیرپذیر (ETo)	ضریب همبستگی	تأخیر زمانی (فصل)	% (E-N)/N		% (L-N)/N		% (E-L)/L	
					درصد تغییرات	P-Value	درصد تغییرات	P-Value	درصد تغییرات	P-Value
اراک	تابستان	پاییز	* ۰/۳۲	۱	۰/۰۸+	۰/۶۵	-	۰/۲	-	
	پاییز	پاییز	* ۰/۳۴	۰	۰/۱۹	-	۰/۷۶	-		
اصفهان	بهار	پاییز	* ۰/۳۱	۲	** ۰/۰۰۴	-۹/۳	۰/۲۵	-	* ۰/۰۴	
	پاییز	پاییز	* ۰/۳۳	۰	۰/۱۳	-	* ۰/۰۱	۹/۴	** ۰/۰۰۸	
ارومیه	تابستان	پاییز	* ۰/۳۱	۱	۰/۴۶	-	۰/۱۳	-	+ ۰/۰۶	
	پاییز	پاییز	** ۰/۳۹	۰	۰/۹	-	+ ۰/۰۵	۸/۷	۰/۱۱	
تبریز	زمستان	تابستان	* ۰/۳۰	۲	۰/۸۰	-	* ۰/۰۳	۵/۸	+ ۰/۰۶	
	بهار	تابستان	* ۰/۳۴	۱	+ ۰/۰۷	-۵/۱	۰/۴۹	-	** ۰/۰۱	
زنجان	پاییز	پاییز	* ۰/۳۱	۰	۰/۷۸	-	* ۰/۰۲	۱۱/۹	+ ۰/۰۷	
	پاییز	پاییز	* ۰/۲۹	۰	۰/۴۹	-	۰/۷۱	-	۰/۴۷	
شاهرود	بهار	پاییز	* ۰/۳۴	۲	** ۰/۰۰۲	-۱۷/۶	۰/۳۹	-	۰/۱۸	
	بهار	بهار	** ۰/۴۳	۰	+ ۰/۰۹	-۵/۰	۰/۱۵	-	* ۰/۰۳	
قزوین	بهار	تابستان	* ۰/۳۴	۱	۰/۱۱	-	۰/۴۳	-	۰/۱۲	
	بهار	پاییز	** ۰/۵۷	۲	** ۰/۰۰۵	-۱۴/۱	۰/۳۰	-	** ۰/۰۰۳	
میانگین تأثیر پذیری ضرایب همبستگی مثبت	تابستان	پاییز	* ۰/۵۳	۱	** ۰/۰۰۵	-۱۳/۲	+ ۰/۰۸	۵/۱	** ۰/۰۰۱	
	پاییز	پاییز	* ۰/۴۸	۰	۰/۳۴	-	* ۰/۰۵	۸/۸	* ۰/۰۲	
			** ۰/۳۷	۰/۸۱	-	-۹/۹	-	۸/۳	-	

*** معنی‌داری در سطح ۹۹٪ ** معنی‌داری در سطح ۹۹٪ * معنی‌داری در سطح ۹۵٪ + معنی‌داری در سطح ۹۰٪

در حالت کلی مناطق مورد مطالعه با ضریب همبستگی $0/37$ در سطح معنی‌داری 99% تحت تاثیر شاخص نوسانات جنوبی قرار گرفتند، به نحوی که بعد از تاخیر زمانی $0/81$ فصل یا $2/5$ ماه تبخیر و تعرق مرجع در فاز النینو نسبت به فاز نرمال $9/9\%$ کاهش، و در فاز لانینا نسبت به فاز نرمال $8/3\%$ افزایش یافت. تبخیر و تعرق مرجع در فاز النینو نیز نسبت به فاز لانینا $10/8\%$ کاهش نشان داد. با وجود اینکه آغاز پدیده انسو معمولاً از اوایل شروع سال میلادی می‌باشد. اما در هیچ کدام از شهرهای مورد مطالعه شاهد ضریب معنی‌دار همزمان در فصل زمستان نیستیم. که با توجه به فاصله مکانی بین ایران و مکان اصلی وقوع انسو، این فرضیه تقویت می‌شود که تأثیر انسو بر تبخیر و تعرق مرجع در شهرهای مختلف، با تاخیر زمانی بروز می‌کند. نتایج به دست آمده در شهرهای مختلف، با مطالعات مشابه در مورد تأثیر پدیده انسو بر سایر پارامترها هم‌خوانی دارد. برای مثال طبق نتایج مدرس‌پور (چ)، با وقوع پدیده انسو، در شهرهای ارومیه، تبریز و اصفهان در فصل پاییز شاهد کاهش دما (زیر میانگین 30 ساله) و افزایش بارش می‌باشیم. کاهش دما و افزایش روزهای بارانی و به دنبال آن کاهش کمبود فشار بخار اشباع در صورت ثابت بودن سایر پارامترهای موثر بر تبخیر و تعرق می‌تواند باعث کاهش تبخیر و تعرق مرجع شود. همچنین کاهش تبخیر و تعرق مرجع در فاز النینو فصل تابستان در شهر تبریز با کاهش دما در این فصل (طبق نتایج مدرس‌پور(چ))، و افزایش تبخیر و تعرق مرجع در فاز لانینا در فصل پاییز با کاهش بارش در فصل پاییز و تأثیر آن بر کمبود فشار بخار اشباع (طبق نتایج خورشیددوست و قویدل رحیمی(الف)) مطابقت دارد. همچنین بیشترین تأثیرپذیری فصل پاییز در شهرهای مورد مطالعه از پدیده انسو، با نتایج عزیزی(ت)، مبنی بر وجود بیشترین ضرایب همبستگی بین بارش ماههای فصل پاییز و شاخص نوسانات جنوبی مطابقت دارد.

به طور کلی با وجود ضرایب مثبت و کاهش تبخیر و تعرق در فاز النینو، و با توجه به نتایج تحقیقات مختلف بر نوسانات بارش که حاکی از افزایش بارش در فازهای النینو می‌باشد، می‌توان با توجه به منابع آبی و با مدیریت صحیح و تخمین دقیق نیاز آبی، سطح زیر کشت محصولات را افزایش داد. در صورت بروز فاز مثبت پدیده انسو و خشک‌سالی، با کاهش سطح زیر کشت و استفاده بهینه از آب موجود، یا در صورت عدم کمبود آب ذخیره شده بواسطه مدیریت صحیح، با افزایش آبیاری متناسب با فاز لانینا بیشترین استفاده را از شرایط نمود. در کشورهای در حال توسعه یکی از اهداف مهم برای توسعه پایدار مشارکت بیشتر و شفافیت بهتر فرآیند طرح و برنامه‌ریزی در این کشورهاست. بدون این کار حتی وجود بهترین اطلاعات و تحلیل‌ها نیز نمی‌تواند به توسعه پایدار منجر شود.

منابع و مأخذ:

- الف- خورشید دوست، ع.و. قویدل رحیمی، ی ۱۳۸۵. ارزیابی اثر پدیده انسو بر تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص چند متغیره انسو. مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۱۵: ۵۷-۲۶.
- ب- خوش اخلاق، ف. ۱۳۷۷. پدیده انسو و تأثیر آن بر رژیم بارش ایران. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی ۴۷: ۲۱-۱۳۹.
- پ- رضوی پور، ت. و یزدانی، م. ر. ۱۳۷۹. تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه چمن و برنج (رقم بینام و خزر)، ضریب گیاهی و ضریب تشتک به روش لایسیمتری و کرت‌های کنترل‌شده در منطقه گیلان (رشت). دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱۹، صص ۲۶۳-۲۵۳.
- ت- عزیزی، ق. ۱۳۷۹. ال نینو و دوره‌های خشکسالی- ترسالی در ایران. مجله پژوهش‌های جغرافیایی. ۳۸: ۷۱-۸۴.
- ث- غفاری، ع.، دپائو، ا. و. قاسمی دهکردی. و. ۱۳۸۴. پهنه بندی اقلیم کشاورزی ایران با روش یونسکو، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور. مرکز تحقیقات بین‌المللی کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا) و موسسه تحقیقات خاک و آب.
- ج- غبور، ح. و خسروی، م. ۱۳۸۱. تأثیر پدیده انسو بر نابهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی منطقه جنوب شرق ایران. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی. مقاله شماره ۵۲۳: ۱۶۱-۱۷۴.
- چ- مدرس پور، آ. ۱۳۷۶. تأثیر رویداد انسو (النینو/ نوسان جنوبی) بر بارندگی و دمای ایران. مجله نیوار. شماره ۳۳: ۸۲-۶۷.
- ح- میرمسهودی، س.ش.، معروفی، ص. سبزی پرور، ع.ا. و تنیان. س. ۱۳۸۷. تأثیر پدیده انسو (النینو/ نوسان جنوبی) بر دمای هوای ایران (مطالعه موردی شهرهای تبریز، سقز و قزوین). دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.
- خ- ناظم‌السادات، م. سامانی، ج.، ن و نیکو. م. ۱۳۸۴. تغییر اقلیم در جنوب و جنوب‌غرب ایران از دیدگاه مشاهدات بارش، برهمکنش با پدیده النینو و نوسانات جنوبی. مجله علمی کشاورزی، جلد ۲۸، شماره ۲: ۸۱-۹۹.
- د- ناظم‌السادات، م. ج.، انصاری بصیر، ا. و. پیشوایی، م. ر. ۱۳۸۶. ارزیابی سطح معنی‌داری برای پیش‌بینی دوران خشکسالی و ترسالی فصل پاییز و شش ماهه سرد ایران بر اساس وضعیت فازهای تابستانه. ENSO. مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره ۱: ۱۲-۲۴.

z- Allen, R.G., L.S. Pereira., D. Raes. and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, pp. 301

- ر- Adams, R. M., L. L. Houston., B. A. McCarl., L.M .Tiscareño., G. Jaime Matus. and R. F. Weiher. 2003. The benefits to Mexican agriculture of an El Niño-southern oscillation (ENSO) early warning system, *Agricultural and Forest Meteorology* 115 : 183–194.
- ز- Chen, D. and M.A Cane. 2008. El Nino Prediction and predictability, *Journal of computational physics*, 277: 3625-3640.
- ژ- Fowler, A. M., G. Boswijk, G. Gergis. and A. Lorrey. 2008. ENSO history record in *Agathis australis* (Kauri) tree ring. PartA:Kauri's potential as an ENSO proxy, *Royal Meteorological Society*, 28: 1-20
- ش- Guetter A. K. and K. P. Georgakakos. 1996. Are the El Nino and La Nina Predictors of the Iowa River Seasonal Flow?, *Journal of applied meteorology*, 35: 690- 705.
- ص- Jochen, S.and J. J. Wolfgang. 2006. Forecasting the flood-pulse in Central mazonia by ENSO-indices, *Journal of Hydrology*, 335:124– 132 .
- ض- Meza. F. J. 2004. ENSO effects on reference evapotranspiration (ET_0) at the Maipo river basin, chile. *Bulletin of the American Meteorological Society*. Pp.3567-3572.
- ط- Poveda, G., A. Jaramillo., M. M. Gil, N.Quiceno, and R. Mantilla´a. 2001. *Water Resources Research*. 37:2169 –2178.
- ظ- Rosegrant, M.W., C. Ringler, D.C. McKinney, X.Cai, G.Donoso. 2000. Integrated economic-hydrologic water modeling at the basin scale: the Maipo river basin. *Agricultural Economics* ,24:33-46
- ع- Trenberth, K.and B. Henson.1996. Children of Tropics: El Nino and La Nina.*Geophys.Res. Let.*,23
- غ- Wang, Y., T. Jiang, O. Bothe. and K. Fraedrich. 2007. Changes of pan evaporation and reference evapotranspiration in the Yangtze River basin. *Theoretical and applied Climatology*, 90: 13-23

Evaluation of ENSO phenomenon on reference evapotranspiration in cold climate

S Tanian, A. A Sabziparvar, S. Marofy

Abstract:

The exact calculation of reference evapotranspiration and water requirement is important for the best use of water source, correct management and permanent development. In order to be more prepared to struggle and reduce the loss account, it's necessary to do some researches related to climate changing, due to this change. The Enso phenomenon is one of the effective factors in climate change, therefore this research will discuss the the effects of Enso phenomenon on reference evapotranspiration, by the use of Southern Oscillation Index. For this reason 9 cities among the cold-dry and cold-semi dry cities with the 50 year old statistical period (1957-2006) was chosen. The result of using the correlation tests in seasonal scale, indicated the positive relation of Southern Oscillation with reference evapotranspiration, in understudy zones. According to obtained results, Qazvin is the most impressible city among the understudy cities the impressibility of reference evapotranspiration in fall was contained about 75% of Impressibility in all seasons. Generally the understudy zones with 0.37 correlation coefficient are affected by western fluctuation index, as the ratio of evaporation and evapotranspiration source of El Nino phase to normal phase is decreased about 9.9 percent, the ratio in La Nina phase to normal phase is increased about 8.3%. Reference evapotranspiration of El Nino phase dealing with La Nina phase, shows a 10.85% decrease.

Keywords: El Nino, La Nina, Southern Oscillation, reference evapotranspiration, Enso phenomenon, Mann-Whitney test.