

بررسی الگوهای پیوند از دور موثر بر پارامترهای بارش و دما (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک مشهد)

امین علیزاده^۱، مریم عرفانیان^{۲*} و حسین انصاری^۳

چکیده

دو پارامتر دما و بارش از مهمترین پارامترهای هواشناسی در تعیین نقش و پراکندگی سایر عناصر اقلیمی و نیز از شاخصهای مهم در طبقه‌بندی‌های اقلیمی به شمار می‌رود. علاوه بر این، اثرات انکارناپذیری بر فعالیت‌های انسانی، طبیعی و علی‌الخصوص در زمینه کشاورزی دارند. لذا داشتن شناخت لازم از میزان این پارامترها، تغییرات آنها و پیش‌بینی این پدیده‌ها کمک شایانی در جهت برنامه‌ریزی دقیق‌تر در حوزه‌های مختلف خواهد داشت. این تحقیق، با هدف بررسی الگوهای پیوند از دور موثر بر پدیده‌های بارش و دمای متوسط ایستگاه سینوپتیک مشهد، در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۵۶ صورت گرفته است. بدین منظور، با استفاده از رگرسیون گام به گام و با محدودکردن داده‌های ورودی به مدل، و نیز قائل شدن دو دوره آموزش و ارزیابی، مدل‌هایی برای پیش‌بینی این پارامترها به صورت‌های ماهانه و فصلی ارائه شده است. آماره‌های به دست آمده حاکی از آن است که این مدل‌ها کارایی مناسبی برای برآورد پارامترهای مزبور داشته‌اند. در حالت کلی، این کارایی برای مدل‌های ماهانه بیشتر از دوره‌های فصلی بوده و برای پارامتر دمای متوسط، مناسب‌تر از بارش می‌باشد. لذا می‌توان از مدل‌های ماهانه ارائه شده برای دو پارامتر بارش و دمای متوسط در تحقیقات مربوطه استفاده به عمل آورد.

واژه‌های کلیدی: الگوهای پیوند از دور، بارش، دمای متوسط، رگرسیون گام به گام، مشهد

مقدمه ۱ ۳۲

دریا در نقاط جغرافیایی دیگر تعریف شده است (Wallace and Guzzler, 1981). در تعریفی دیگر بیان شده است که الگوهای پیوند از دور، معیارها یا سنجه‌هایی هستند که به وسیله آنها تغییرات زمانی شدت و تغییرات مکانی الگوهای گردش جوی- اقیانوسی زمین (یا بخش‌هایی از آن) اندازه‌گیری می‌شود. به عبارت دیگر با تعریف این نوع شاخص‌ها وضعیت، کیفیت و در نهایت توان یک الگوی گسترده سینوپتیک در یک معیار عددی خلاصه می‌شود (علیچانی، ۱۳۸۱). تاکنون محققین علم هواشناسی توانسته‌اند با استفاده از تغییرات میدان‌های فشار در مناطق مختلف کره زمین، سیگنال‌های متعددی را بیابند که هر کدام می‌تواند باعث اثرگذاری بر اقلیم مناطقی از کره زمین شود که از آن جمله می‌توان به (Wang and Enfield (2001؛ Thompson and Wallace (2000؛ Schwing et al. (2002 اشاره کرد. از جمله این سیگنال‌ها می‌توان به نوسانات اطلس شمالی^۴، نوسانات جنوبی^۵، انسو^۶، نوسان قطبی^۷، الگوی قطبی/اوراسیا^۸ و ...

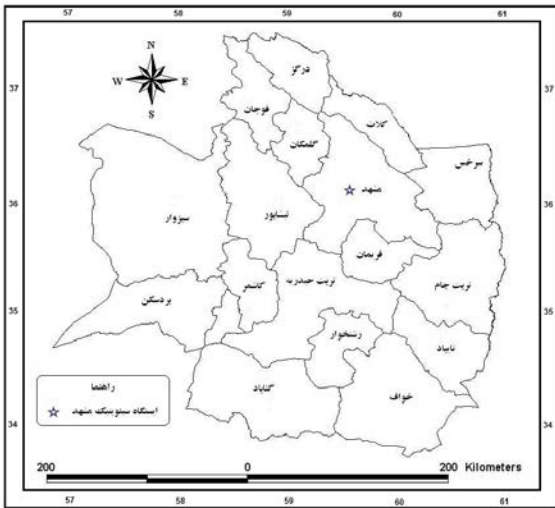
با توجه به واقع شدن ایران در عرض‌های پرفشار میانی نیم‌کره شمالی زمین، اکثر مناطق کشور (از جمله خراسان) دارای اقلیم گرم نیمه‌خشک تا خشک است. بنابراین پیش‌بینی و پایش دراز مدت شرایط اقلیمی در هر منطقه می‌تواند راهکار مناسبی جهت مقابله با عوارض ناگوار تغییرات اقلیمی (خشکسالی، سیل، ...) باشد. در این رابطه پایش بارندگی و دما (به عنوان مهمترین عناصر هوا و اقلیم شناسی) و عوامل تأثیرگذار بر این پدیده‌ها، نقش موثری در جهت تعیین اقلیم و تغییرات آن و همچنین اخذ تصمیمات دقیق‌تر در حوزه‌های کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی ایفا خواهد کرد.

اخیراً در این راستا، توجه رفتار اقلیم بر اساس سازوکارهای الگوهای ارتباط از دور مورد توجه محققان قرار گرفته است (یاراحمدی، ۱۳۸۶). پیوند از دور، ارتباط همزمان بین نوسانات عناصر اقلیمی یک مکان با تغییرات الگوهای فشار و درجه حرارت سطح

- 4 - North Atlantic Oscillation (NAO)
- 5 - Southern Oscillation Index (SOI)
- 6 - El Nino- Southern Oscillation (ENSO)
- 7 - Antarctic Oscillation (AO)
- 8 - Polar/Eurasia Pattern (EP)

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری و استادیار آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* نویسنده مسئول: (Email: m_erfanian82@yahoo.com)

(علیزاده، ۱۳۸۰).



شکل ۱- موقعیت ایستگاه سینوپتیک مشهد در استان خراسان رضوی

مقادیر متوسط ماهانه شاخص‌های اقلیمی جهت بررسی بر روی پارامترهای دما و بارش، از سایت نوا^۱ از شبکه‌هایی با قدرت تفکیک $2/5^{\circ}$ $2/5^{\circ}$ برای سال‌های آماری مورد استفاده در تحقیق اخذ شد. این شاخص‌ها با توجه به اهمیت آنها در تاثیرگذاری اقلیم مناطق مختلف و نیز دوره آماری کافی آنها در تحقیق حاضر انتخاب شده است. علاوه بر این ممکن است بعضی از موارد انتخاب شده به عنوان شاخص تعریف نشده باشند (مانند Monsoon)، ولیکن بر اساس طبقه‌بندی سایت فوق، از جمله موارد موثر بر آب و هوای مناطق دیگر شناخته شده باشند. لیست این شاخص‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است که در بررسی این شاخص‌ها از تاخیر زمانی ۲ تا ۱۲ ماه قبل برای بررسی‌های ماهانه و برای بررسی فصلی از تاخیر زمانی ۱ تا ۳ فصل قبل نیز استفاده شده است.

تهیه مدل رگرسیون خطی چند متغیره

رگرسیون یکی از قوی‌ترین ابزار در تبیین روابط بین متغیرها به شمار می‌رود، به طوری که برخی از روش‌ها و مدل‌ها مانند شبکه عصبی، بیشتر برای پیش‌بینی استفاده شده و کمتر در تبیین و آزمون فرضیه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما رگرسیون به خوبی هر دو وظیفه پیش‌بینی و آزمون فرضیه را انجام

اشاره کرد.

با توجه به کارایی مطالعات پیوند از دور در شناخت پدیده‌های اقلیمی بارش و دما، غالباً تلاش‌هایی در جهت شناخت الگوهای پیوند از دور موثر بر این پدیده‌ها صورت گرفته است. از جمله مطالعات انجام شده در ایران می‌توان به مطالعات خورشیددوست و قویدل رحیمی (۱۳۸۵)، ناظم السادات و همکاران (۱۳۸۶)، باراحمدی و عزیزی (۱۳۸۶)، صلاحی و همکاران (۱۳۸۶)، خورشیددوست و قویدل رحیمی (۱۳۸۵)، ناظم السادات و قاسمی (۲۰۰۴) اشاره کرد. همچنین از جمله جدیدترین مطالعات انجام شده در جهان می‌توان به Fang et al., (2008)، Bannayan, Peralta-Hernandez et al., (2009) و al., (2010) اشاره کرد.

با توجه به این مطالعات انجام شده در کشور مشخص می‌شود که در اکثر آنها، توجه محققان عموماً به بررسی اثر پدیده‌های انسو بر پدیده بارش (فصلی یا سالانه) معطوف بوده است. علاوه بر این تنها در برخی از مطالعات، به بررسی تعداد سیگنال‌های بیشتری علاوه بر انسو پرداخته شده است (فاتحی مرج و همکاران (۱۳۸۵)، موسوی بایگی و همکاران (۱۳۸۷)، خورشید دوست و همکاران (۱۳۸۹)، فلاح قله‌ری و خوشحال (۱۳۸۸)، برهانی داریان و فاتحی مرج (۱۳۸۷)، باراحمدی و عزیزی (۱۳۸۶)). لذا مشخص می‌شود که بررسی جامعی از سیگنال‌های مختلف اقلیمی موثر بر عناصر هواشناسی (دما و بارش) صورت نگرفته است. بدین منظور این تحقیق با هدف بررسی جامعی از سیگنال‌های ارتباط از دور موثر بر پارامترهای بارش و دمای ایستگاه سینوپتیک مشهد و پیش‌بینی این پدیده‌ها با استفاده از شاخص‌های فوق صورت گرفته است که در این راستا دو حالت بررسی ماهانه و فصلی در نظر گرفته شده است. جهت رسیدن به هدف این تحقیق، از یک روش نوین استفاده از رگرسیون گام به گام استفاده شده است که می‌تواند به طور مطمئن‌تری به پیش‌بینی پارامترهای مورد بررسی بپردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جهت انجام این تحقیق از داده‌های روزانه بارش، دمای حداکثر و دمای حداقل (برای یافتن دمای متوسط) ایستگاه سینوپتیک مشهد با طول ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۹۹ متر از سطح دریا استفاده شده است. داده‌های روزانه جهت تولید داده‌های ماهانه با حفظ دقت محاسبات در دوره آماری ۵۵ ساله (۲۰۱۰-۱۹۵۶) مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین با توجه به وجود بعضی موارد خطا و اشتباه در ثبت و یا اندازه‌گیری آمار فوق، کلیه داده‌ها مورد بررسی کیفی قرار گرفته و موارد مفقود به روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها بازسازی شده است

جدول ۱- لیست شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق

معادل فارسی	نام کامل	نام خلاصه شده	ردیف
شاخص اقیانوس آرام آمریکای شمالی	Pacific North American Index	PNA	۱
شاخص اقیانوس آرام غربی	Western Pacific Index	WP	۲
نوسانات اقیانوس اطلس شمالی	North Atlantic Oscillation	NAO	۳
شاخص نوسانات جنوبی	Southern Oscillation Index	SOI	۴
شاخص نینوی اقیانوسی	Oceanic Nino Index	ONI	۵
شاخص حاره‌ای اقیانوس اطلس شمالی	Tropical Northern Atlantic Index	TNA	۶
شاخص حاره‌ای اقیانوس اطلس جنوبی	Tropical Southern Atlantic Index	TSA	۷
استخر گرم نیمکره غربی	Western Hemisphere Warm Pool	WHWP	۸
دمای سطح آب در ناحیه نینو ۳	Eastern Tropical Pacific SST (5N-5S,150W-90W)	NINO 3	۹
دمای سطح آب در ناحیه نینو ۱.۲	Extreme Eastern Tropical Pacific SST (0-10S, 90W-80W)	NINO 1.2	۱۰
دمای سطح آب در ناحیه نینو ۴	Central Tropical Pacific SST (5N-5S) (160E-150W)	NINO 4	۱۱
دمای سطح آب در ناحیه نینو ۳.۴	East Central Tropical Pacific SST (5N-5S)(170-120W)	NINO 3.4	۱۲
نوسان دهه‌ای اقیانوس آرام	Pacific Decadal Oscillation	PDO	۱۳
شاخص نوسانات شمالی	Northern Oscillation Index	NOI	۱۴
الگوی آرام شمالی	North Pacific pattern	NP	۱۵
شاخص انتقالی نینو	Trans-Nino Index	TNI	۱۶
نوسان قطب جنوب	Antarctic Oscillation	AO	۱۷
نوسانات چنددهه‌ای اقیانوس اطلس	Atlantic multidecadal Oscillation	AMO	۱۸
حالت نصف النهاری اقیانوس اطلس	Atlantic Meridional Mode	AMM	۱۹
شاخص دمای سطح آب حاره‌ای اطلس شمالی	North Tropical Atlantic SST Index	NTA	۲۰
شاخص دمای سطح آب دریای کاریب	Caribbean SST Index	CAR	۲۱
نوسانات شبه دوسالانه	Quasi-Biennial Oscillation	QBO	۲۲
بارش ناحیه جنوب غربی مانسون	SW Monsoon Region rainfall	Monsoon	۲۳
شار خورشیدی	Solar Flux	Flux	۲۴
الگوی اطلس شرقی	East Atlantic Pattern	EA	۲۵
الگوی اطلس شرقی / غرب روسیه	East Atlantic/West Russia Pattern	EA/WR	۲۶
الگوی اسکاندیناوی	Scandinavia Pattern	SCA	۲۷
الگوی قطبی / اروپا و آسیا (اورآسیا)	Polar/ Eurasia Pattern	POL	۲۸
حالت نصف النهاری اقیانوس آرام	Pacific Meridional Mode	PMM	۲۹
شاخص چند متغیره انسو	Multivariable Enso Index	MEI	۳۰

محدود شده است (Kim et al., 2007).

در منابع، جداکردن دوره آموزش از دوره تست مدل نیز برای یافتن مهارت آموزش مدل انتخابی تاکید شده است (Lloyd-Hughes and Saunders, 2002). با توجه به این موضوع در تحقیق حاضر، مدل‌های پیش‌بینی کننده به طور جداگانه بر اساس تقسیم داده‌ها به دو گروه تهیه شده است. در گروه اول، دوره آموزش ۴۰ سال اول دوره آماری (۷۵٪ کل داده‌ها) و دوره تست ۱۵ سال آخر (۲۵٪ کل داده‌ها) و گروه دوم؛ دوره آموزش ۴۰ سال آخر و دوره تست ۱۵ سال اول دوره آماری انتخاب شده است. جهت تهیه مدل برای هرماه (فصل)، در گام اول کلیه پیش‌بینی-

می‌دهد (یاراحمدی و عزیززی، ۱۳۸۶). لذا تهیه مدل‌های پیش‌بینی (فصلی یا ماهانه) بر اساس رگرسیون خطی چند متغیره روشی ساده و متداول می‌باشد (Kim et al., 2007). لکن این پروسه به سادگی اضافه کردن متغیرهای پیش‌بینی کننده به مدل برای رسیدن به یک رابطه مناسب نیست، چرا که ممکن است باعث ایجاد مدل رگرسیونی فرابرازش داده شده^۱ شود (Wilks, 1995). با توجه به این مطلب در تحقیق حاضر به دلیل وجود متغیرهای ورودی زیاد و به منظور جلوگیری از فرابرازش یافتن مدل، تعداد متغیرهای پیش‌بینی کننده به حداکثر ۸ عدد (تقریباً ۲۵٪ تعداد پارامترهای پیش‌بینی کننده اصلی)

1 - over fit regression model

بررسی بر روی دوره ماهانه

الف- بارش: جهت بررسی بهترین مدل بر روی بارش، با استفاده از کلیه پارامترهای پیوند از دور، مدل‌های مختلفی برازش داده شدند که نتایج حاصله از چهار مدل مناسبتر با پارامترهای موثر (در سطح خطای نوع اول ۵٪) بر روی گروه اول در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که برای هر پارامتر، نردبان پله‌ای ضریب همبستگی و انحراف معیار برای توابع آن پارامتر (شامل لگاریتم نمایی، توان‌های مختلف، ...) به دست آمده و بر اساس آماره‌های (معیارهای) مختلف از جمله دوربین واتسون، باقیمانده‌های استاندارد، منحنی پخش باقیمانده‌های استاندارد و سایر معیارها در ابتدا تصمیم‌گیری شد که چه تابعی برای آن پارامتر به کار گرفته شود. در بررسی حاضر، تابع لگاریتم نمایی برای بارش منجر به نتایج بهتری شده است. لازم به ذکر است که ممکن است پارامترهای گروه ۱ و ۲ متفاوت باشند، چرا که در بررسی‌ها هدف تعیین بهترین پارامترهایی است که بیشترین همبستگی را بین مقادیر مشاهدات و پیش‌بینی‌ها در دوره ارزیابی و نه آموزش هر گروه ارائه کنند.

در جدول فوق لازم به ذکر است که R^2_{test} و SE، درحقیقت مقدار ضریب تعیین و انحراف استاندارد به دست آمده از برازش مدل با پارامترهای ارائه شده بر روی داده‌های دوره تست گروه اول می‌باشد.

با توجه به مقادیر آماره‌های ضریب تعیین، انحراف استاندارد و نیز ضریب دوربین-واتسون مشخص شد که مدل اول، بهترین نتایج را داشته است. لذا می‌بایست با استفاده از ضرایب این پارامترها، کارایی پیش‌بینی مدل در گروه دوم نیز کنترل گردد. نتایج حاصله به شرح جدول ۳ است.

کننده‌ها بر روی داده‌های آموزش گروه اول، به روش رگرسیون گام به گام^۱ برازش داده شده و داده‌های موثر و معنی‌دار بر پارامتر خروجی (بارش یا دما) مشخص شدند. به ترتیب مجموعه‌های هشت تایی از این پارامترها بر روی داده‌های تست گروه اول برازش یافته و معنی‌داری آن‌ها و نیز مناسبت مدل ایجاد شده بررسی شده و در نهایت بهترین مدل انتخاب گردید. سپس در مرحله بعد، داده‌های معنی‌دار بررسی فوق، بر روی داده‌های آموزشی گروه ۲ (یعنی ۴۰ سال آخر کل دوره آماری) برازش داده شده و از لحاظ معنی‌داری بررسی شدند. سپس همان پارامترها (و یا دیگر پارامترها در صورت عدم معنی‌داری پارامترهای فوق) بر روی داده‌های ارزیابی گروه دوم مورد بررسی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که این مرحله به جهت کنترل پیش‌بینی‌کنندگی مدل تعیین شده در گروه اول برای گروه دوم صورت گرفته است. بدیهی است چنانچه مدل انتخابی برای گروه دوم مناسب نباشد، می‌بایست فرآیند مرحله یک را برای گروه دوم با پارامترها و ترکیبات مختلف آنها آنگونه تکرار کرد که مدل مناسبی برازش یابد.

جهت تهیه داده‌های ماهانه و فصلی از نرم افزار Excel و برای انجام کلیه محاسبات آماری از نرم افزار SPSS 16.0 استفاده شده است.

نتایج و بحث

همانطور که در قسمت‌های قبل ذکر شد جهت ارائه رگرسیون خطی چند متغیره بین شاخص‌های پیوند از دور و عناصر هواشناسی در این تحقیق و نیز جهت عدم فرابرازش یافتن مدل‌های حاصله، دوره آماری به دو دوره آموزش و ارزیابی تقسیم‌بندی شد. علاوه بر این، جهت کنترل کارایی پیش‌بینی مدل‌های حاصله، در حالت دوم، جای دوره‌های فوق عوض شده و مدل بررسی می‌شود. این بررسی‌ها بر روی مقادیر ماهانه و فصلی پارامترهای دمای متوسط و بارش ایستگاه مشهد صورت گرفته است.

جدول ۲- نتایج حاصل از بهترین مدل‌های برازش داده شده بر روی داده‌های لگاریتم نمایی بارش نرمال شده گروه اول

مدل	پارامترهای ورودی							SE	R^2_{test}
۱	NINO 1.2 (5)	MEI(3)	TNI(5)	NINO 4(6)	MANSOON (11)	NINO 1.2 (2)	MANSOON (3)	0.409	0.761
۲	NINO 1.2 (5)	MEI(3)	TNI(5)	NINO 4(6)	MANSOON (11)	NINO 1.2 (2)	WP(11)	0.406	0.759
۳	NINO 1.2 (5)	PNA(2)	TNI(5)	NINO 4(6)	MANSOON (11)	NINO 1.2 (2)	WP(5)	0.416	0.745
۴	NINO 1.2 (2)	PNA(2)	POL(12)	WP(5)	MANSOON (11)	NINO 1.2 (5)	PMM(6)	0.429	0.726

مقادیر داخل پرانتز، نشان دهنده تاخیر زمانی آن پارامتر است.

1 - stepwise regression

جدول ۳- نتایج حاصل از بهترین مدل‌های برازش داده شده بر روی داده‌های لگاریتم نمای بارش نرمال شده گروه دوم

SE	R ² test	پارامترهای ورودی							مدل	
0.406	0.756	NINO 1.2 (3)	MANSOON (3)	NINO 1.2 (2)	MANSOON (11)	NINO 4(6)	TNI(5)	MEI(3)	NINO 1.2 (5)	۱
0.410	0.753	PMM(6)	WP(11)	NINO 1.2 (6)	MANSOON (3)	NINO 4(6)	TNI(5)	POL(12)	NINO 1.2 (5)	۲
0.424	0.733	ONI(7)	MANSOON (8)	MEI(3)	WHWP(12)	WP(5)	NINO 1.2 (3)	TNI(5)	NINO 1.2 (4)	۳
0.418	0.748	NINO 1.2 (3)	ONI(8)	WP(5)	TNI(5)	NINO 4(5)	PMM(4)	NINO 1.2 (5)	MANSOON (11)	۴

مقادیر داخل پرانتز، نشان دهنده تاخیر زمانی آن پارامتر است.

ب- دمای متوسط: با توجه به روش ارائه شده فوق، پارامترهای موثر بر دمای متوسط ماهانه نیز مورد بررسی قرار گرفتند که در معادله ۲ آن پارامترها به همراه ضرایبشان ارائه شده است. معادله فوق به جهت استفاده در پیش‌بینی ماهانه دمای ایستگاه سینوپتیک مشهد و نیز شناخت عوامل موثر بر آن استفاده دارد. در رابطه فوق T_{mean} دمای متوسط ماهانه (بر حسب درجه سانتی‌گراد) بوده و سایر پارامترها قبلاً معرفی شده‌اند. در شکل ۳ نیز مقادیر مشاهده شده و برآورد شده از مدل مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. با توجه به معادله (۲) و شکل (۳) مشخص می‌شود که معادله حاصله، کارایی زیادی در برآورد دمای متوسط ماهانه داشته و به خوبی توانسته است تغییرات را مدل کند. علاوه بر این، معیار دوربین واتسون مدل فوق ۱/۷۲۱ به دست آمده است که نشان از عدم ارتباط میان باقیمانده‌های مدل است.

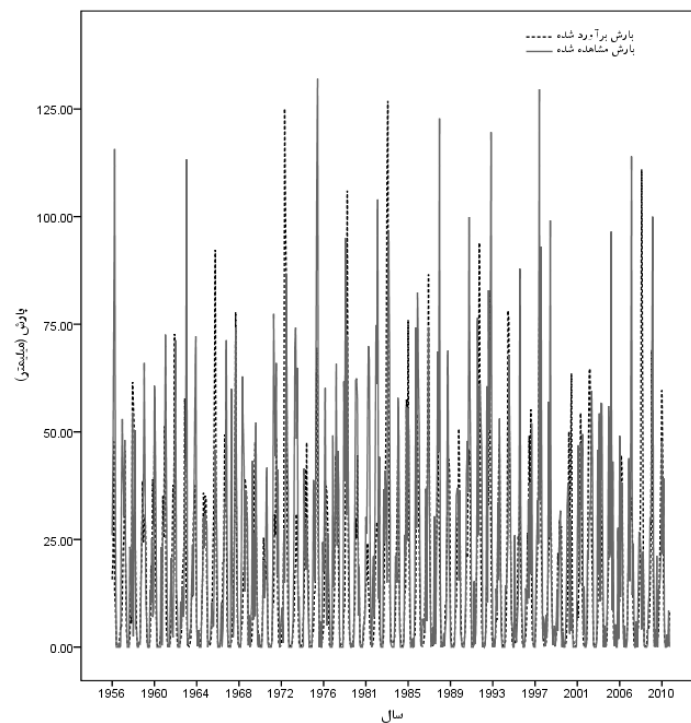
بررسی بر روی دوره‌های فصلی: بررسی‌های مشابهی بر روی مقادیر فصلی شده پارامترهای بارش و دمای متوسط با شاخص-های ارتباط از دور صورت گرفت. جهت پرهیز از طولانی شدن مطلب، نتایج حاصله برای مقادیر بارش و دمای فصل‌های مختلف در جدول ۴ ارائه شده است.

همانطور که مشخص می‌شود مدل اول، که در واقع بهترین مدل انتخابی مرحله قبل است، در گروه دوم نیز بهترین نتایج را ارائه کرده است. به عبارت دیگر، این امر به این معنی است که مدل انتخابی برازش داده شده بر روی گروه اول (با داده‌های آموزشی ۴۰ سال اول)، قابلیت پیش‌بینی و کارایی مناسبی برای استفاده در گروه دوم (با داده‌های آموزشی ۴۰ سال آخر) را دارا بوده و به عنوان مدل مناسب برای پیش‌بینی بارش ماهانه با استفاده از شاخص‌های پیوند از دور موثر بر آن انتخاب می‌شود. لذا جهت برآورد بارش ماهانه می‌توان معادله (۱) زیر را ارائه کرد:

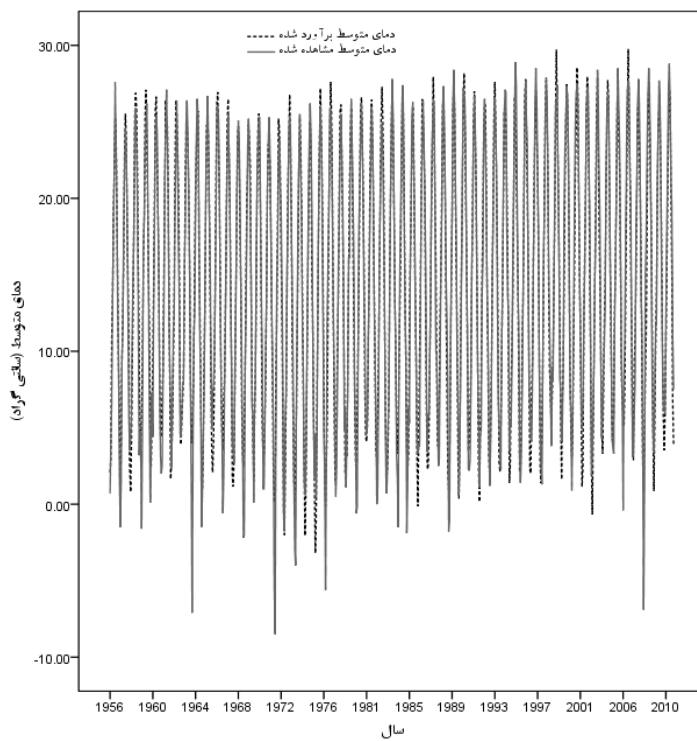
در رابطه فوق LN (Rain)، لگاریتم داده‌های بارش ماهانه (بر حسب میلیمتر) می‌باشد. آماره دوربین-واتسون در مدل برابر ۱/۹۳۳ به دست آمده که نشان دهنده عدم وجود مشکل همبستگی پیاپی در مدل است. لازم به یادآوری است که هرچه مقدار این آماره به دو نزدیکتر باشد، می‌توان نتیجه گرفت خطای مدل (اجزای اخلال) با یکدیگر بستگی پیاپی ندارند (یاراحمدی و عزیز، ۱۳۸۶). با استفاده از مدل فوق بر روی داده‌ها، مقدار مشاهده شده و برآورد شده بارش ماهانه مطابق شکل ۲ است. با توجه به شکل فوق مشخص است که مقدار برآورد شده بارش ماهانه، گرچه در نقاط اوج منحنی مشاهدات، مقداری کمتر برآورد نموده است، اما توانسته به خوبی تغییرات و نوسانات مشاهدات را دنبال کرده و روند مشابهی ارائه کند.

$$\begin{aligned} \text{LN(Rain)} = & -4.233 - 0.666 \times \text{NINO1.2(5)} + 0.369 \times \text{MEI(3)} + 0.397 \times \text{TNI(5)} + 0.673 \times \text{NINO4(6)} \\ & - 0.297 \times \text{MANSOON(11)} + 0.374 \times \text{NINO1.2(2)} + 0.293 \times \text{MANS66N(3)} - 0.285 \times \text{NINO1.2(3)} \\ (R^2 = 0.82, SE = 1.39) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} T_{\text{mean}} = & 93.740 + 1.621 \times \text{NINO1.2(4)} - 2.433 \times \text{NINO1.2(10)} + 2.174 \times \text{MEI(10)} + 1.286 \times \text{TNI(10)} - \\ & 1.471 \times \text{TNI(4)} + 2.785 \times \text{AMO(12)} - 2.143 \times \text{NINO4(5)} + 0.348 \times \text{WHWP(4)} \\ (R^2 = 0.96, SE = 2.29) \end{aligned} \quad (2)$$



شکل ۲- مقایسه مقادیر بارش مشاهده‌ای و برآورد شده با مدل انتخابی



شکل ۳- مقایسه مقادیر دمای متوسط مشاهده‌ای و برآورد شده با مدل انتخابی

جدول ۴- معادلات پیش‌بینی کننده دما و بارش فصلهای مختلف

فصل	پارامتر	معادله	ضریب تعیین	انحراف استاندارد
بهار	بارش	$R = -597.143 + 33.780 \times \text{POL}(1) - 18.342 \times \text{SOI}(1) + 1.871 \times \text{QBO}(1) + 25.340 \times \text{SOI}(2) + 25.060 \times \text{NINO}3.4(3)$	۰/۷۱	۳۳/۱
	دما	$T = 18.454 + 2.222 \times \text{NTA}(3) - 0.039 \times \text{QBO}(2) - 0.559 \times \text{POL}(1) + 0.362 \times \text{EA}(2) - 0.593 \times \text{WHWP}(1) - 0.108 \times \text{PMM}(1) + 0.547 \times \text{PNA}(2) + 0.608 \times \text{MANSOON}(3)$	۰/۸۷	۰/۷۱
تابستان	بارش	$R = 4.001 + 0.363 \times \text{QBO}(2) + 7.143 \times \text{TSA}(1) + 4.392 \times \text{ONI}(1)$	۰/۶۵	۴/۹
	دما	$T = 23.963 + 2.607 \times \text{AMO}(1) + 0.428 \times \text{NAO}(2) + 0.886 \times \text{TSA}(2) - 0.270 \times \text{AMM}(1) + 1.727 \times \text{TNA}(1) - 0.370 \times \text{SCA}(2) + 0.302 \times \text{PNA}(3)$	۰/۹۰	۰/۵۷
پائیز	بارش	$R = 635.108 - 73.677 \times \text{AMO}(2) - 26.944 \times \text{TSA}(2) - 1.253 \times \text{QBO}(3) - 22.333 \times \text{NINO}3(3) + 117.986 \times \text{NTA}(1) + 10.038 \times \text{PNA}(3) + 12.089 \times \text{EAWR}(3) - 67.360 \times \text{TNA}(1)$	۰/۷۸	۱۸/۵
	دما	$T = 9.326 + 1.022 \times \text{EA}(1) + 1.731 \times \text{NTA}(1) - 0.388 \times \text{NOI}(1) + 0.965 \times \text{TSA}(2) - 0.370 \times \text{CAR}(3)$	۰/۷۸	۰/۹۶
زمستان	بارش	$R = -449.920 - 19.435 \times \text{SCA}(1) - 23.419 \times \text{PNA}(1) + 26.363 \times \text{NINO}1.2(1) + 14.187 \times \text{SOI}(2)$	۰/۶۳	۳۵/۴
	دما	$T = -6.351 + 4.418 \times \text{AMO}(2) - 0.608 \times \text{SOI}(2) - 1.159 \times \text{PNA}(3) + 0.696 \times \text{NP}(2)$	۰/۶۶	۱/۶۷

مختلف با بارش ماه نوامبر تعیین شد که نتایج آن در شکل ۴ ارائه شده است.

همانطور که در شکل مذکور مشاهده می‌شود ضریب تعیین (R^2) و انحراف استاندارد (SE) برای تأخیر زمانی دو به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را در بین لگ‌های دیگر به خود اختصاص داده است. پس از آن، ضریب تعیین به تدریج کاهش یافته، اما در لگ زمانی پنج ماهه مجدداً افزایش یافته و همچنین انحراف استاندارد آن کاهش می‌یابد. پس از این، ضریب تعیین کاهش یافته و انحراف استاندارد نیز روند افزایشی را طی می‌کند. لذا با توجه به این شکل مشخص می‌شود که به ترتیب لگ‌های زمانی دو و پنج‌ماهه بهترین نتایج را ارائه کرده است. نتایج این بررسی نیز موید صحت نتایج حاصله از مدل ارائه شده در قسمت قبل می‌باشد. با توجه به شکل فوق می‌توان این نتیجه را نیز گرفت که اگر بحث محدودیت داده‌های ورودی به مدل (۸ پارامتر) نبود، می‌توان انتظار داشت که یکی دیگر از پارامترهای موثر ورودی، لگ ۸ ماهه این شاخص باشد. با این حال همانطور که در این شکل نیز مشخص است مطمئناً تأثیر این لگ، به اندازه لگ‌های ۲ و ۵ ماهه نمی‌باشد و لذا این نیز دلیلی بر عدم انتخاب آن پارامتر در مجموعه ۸ تایی تأثیرگذار بر بارش انتخاب نشده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

با توجه به روش به کار گرفته شده در این تحقیق، مبنی بر استفاده از رگرسیون گام به گام به همراه محدود کردن تعداد داده‌های ورودی مدل، برای تخمین پارامترهای بارش و دمای متوسط ماهانه و فصلی با شاخص‌های پیوند از دور، مدل‌هایی ارائه شد.

ارزیابی مدل‌های به دست آمده

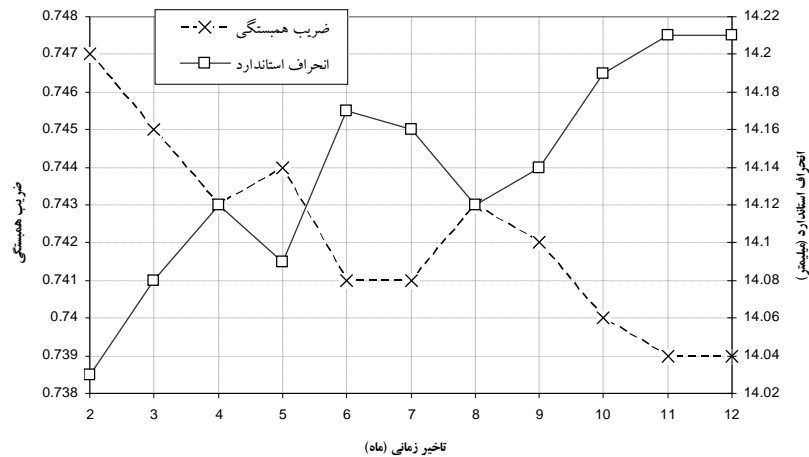
همانطور که در قسمت قبل ذکر شد بر اساس رگرسیون گام به گام و تفکیک دوره آموزش از تست برای دو گروه داده (با جایجایی دوره‌های فوق برای کنترل مناسب مدل) بهترین مدل‌ها برای پیش‌بینی دمای متوسط و بارش، با لحاظ کردن محدودیت برای پارامترهای انتخابی مشخص شد. یکی دیگر از روش‌های بررسی مناسب مدل، رسم منحنی ضریب تعیین برای لگ‌های زمانی متفاوت است.

بدین منظور با توجه به محدودیت حجم مقاله، نتایج انجام این بررسی تنها برای بارش ماه آبان (نوامبر)، که از جهت کشاورزی و مباحث شروع بارندگی منطقه مورد مطالعه دارای اهمیت است، ارائه شده است. همچنین بارش این ماه دارای نوسانات زیادی می‌باشد و لذا ارزیابی کارایی مدل در شرایط با نوسانات زیاد نیز، یکی دیگر از علل برگزیدن این ماه بوده است.

بررسی بارش ماه نوامبر با تأخیرهای زمانی مختلف

شاخص NINO 1.2

جهت بررسی صحت مدل انتخاب شده با بارش ماه نوامبر، با توجه به حضور هشت پارامتر در معادله فوق و همچنین برآزش سایر مدل‌ها بر این پارامتر، مشخص شد که بیشترین پارامتر حضور یافته در مدل‌ها، شاخص NINO 1.2 با لگ‌های متفاوت بوده است. لذا با توجه به این موضوع و نیز بر اساس آنالیزهای واریانس صورت گرفته، این پارامتر جهت بررسی حاضر انتخاب شد. بدین منظور، همبستگی شاخص NINO 1.2 با لگ‌های زمانی



شکل ۴- مقایسه ضریب تعیین و انحراف استاندارد لگهای زمانی مختلف شاخص NINO 1.2 با بارش ماه نوامبر

بر مدل مانند استفاده از شبکه‌های عصبی و منطق فازی مورد مقایسه قرار گیرد. علاوه بر این استفاده از لگهای پارامترهای بارش و دما در بررسی‌های آینده لحاظ شوند. همچنین با انجام تحقیقات مشابه برای سایر نقاط استان خراسان رضوی و یا کشور، الگوهای موثر بر پدیده‌های بارش و دمای منطقه مورد بررسی قرار گیرند. علاوه بر این، با توجه به وقوع پدیده‌های حدی در کشور و وارد آمدن خسارات قابل ملاحظه هر ساله، انجام تحقیقات مشابه بر روی این پدیده‌های هواشناسی، باعث کمک‌های شایانی به مسئولین مربوطه خواهد شد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشکده کشاورزی (قرارداد شماره ۱۸۴۹۸) انجام شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

برهانی داریان، ع.ر. و ا. فاتحی مرج، ۱۳۸۷. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی جریان رودخانه با استفاده از شاخص‌های اقلیمی مطالعه موردی: حوضه آبریز نازلوچای. مجله دانشکده فنی دانشگاه تبریز، جلد ۳۵، شماره ۳، پیاپی ۵۱، صفحات ۳۶-۲۵.
خورشیددوست، ع.م. و ی. قویدل رحیمی، ۱۳۸۵. ارزیابی اثر پدیده انسو بر تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص چند متغیره انسو. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۷، صفحات ۲۶-۱۵.
خورشیددوست، ع.م.، قویدل رحیمی، ی. و ک. عباس زاده، ۱۳۸۹. کاربرد الگوهای کلان مقیاس جوی- اقیانوسی در تحلیل

این مدل‌ها، با توجه به اینکه بر مبنای همبستگی بیشتر با دوره تست هر گروه ارائه شده‌اند، لذا قابلیت پیش‌بینی مناسبی داشته‌اند و می‌توان از این مدل‌ها با اطمینان استفاده کرد. علاوه بر این، یکی دیگر از دلایل این اطمینان را می‌توان به داشتن دوره آماری طولانی-تر (۵۵ ساله) نسبت به سایر تحقیقات اشاره کرد که باعث شده است آموزش مدل بهتر صورت گیرد. به طوری که در اکثر موارد پارامترهای انتخابی در دو گروه بسیار شبیه هم بوده و تنها در یک یا دو مورد با هم متفاوت بوده است.

با این حال، در مقایسه مدل‌های ارائه شده فصلی و ماهانه مشخص می‌شود که در مجموع، مدل‌های ماهانه دقت بیشتری نسبت به فصلی داشته‌اند. لکن با توجه به آماره‌های مورد بررسی، کلیه مدل‌های فصلی نیز قابل قبول بوده و می‌توانند مورد استفاده محققان قرار گیرند.

با توجه به مدل‌های ارائه شده ماهانه، مشخص می‌شود که در هر دو پارامتر بارش و دمای متوسط ایستگاه مشهد، قوی‌ترین سیگنال موثر بر این پدیده‌ها، سیگنال NINO 1.2 می‌باشد که در هر مدل لگ‌های زمانی موثر آورده شده است. همانطور که در قسمت مقدمه ذکر شد تا به حال مطالعه جامعی از کلیه شاخص‌های ارتباط از دور بر منطقه مورد مطالعه صورت نگرفته است که بتوان بین نتایج حاصله مقایسه‌ای انجام داد. با این حال در تحقیق خورشیددوست و همکاران (۱۳۸۹)، بر موثر بودن شاخص NINO 1.2 بر بارش‌های بهاره و پاییزه ایستگاه اهر گزارش شده است. همچنین در مطالعه قویدل رحیمی (۱۳۸۴) نیز این شاخص موثر بر بارش‌های بهاره آذربایجان شرقی بوده است.

به جهت ادامه تحقیقات در این زمینه می‌توان پیشنهاد داد که مدل‌های ارائه شده فوق، با سایر روش‌های استخراج پارامترهای موثر

- تابستانه ENSO. مجله تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۱، صفحات ۲۴-۱۲.
- یاراحمدی، د. و ق. عزیزی. ۱۳۸۶. تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲ صفحات ۱۷۴-۱۶۱.
- Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Sadeghi Lotfabadi, S. and A. Mohamadian. 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field Crops Research*, 118: 105-114.
- Fang, X., Wang, A., Fong, S. K., Lin, W. and J. Liu. 2008. Changes of reanalysis-derived Northern Hemisphere summer warm extreme indices during 1948-2006 and links with climate variability. *Global and Planetary Change*, 63: 67-78.
- Kim, M. K., Kim, Y. H. and W. S. Lee. 2007. Seasonal prediction of Korean regional climate from preceding large-scale climate indices. *Int. Journal of Climatology*, 27: 925-934.
- Lloyd-Hughes, B. and M. A. Saunders. 2002. Seasonal prediction of European spring precipitation from El Nino-Southern oscillation and local sea-surface temperatures. *Int. Journal of Climatology*, 22:1-14.
- Nazemosadat, M. J. and A. R. Ghasemi. 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.
- Peralta-Hernandez, A. R., Balling, R. C. and L. R. Barba-Martinez. 2009. Comparative analysis of indices of extreme rainfall events: Variations and trends from southern Mexico. *Atmosfera*, 22(2): 219-228.
- Schwing, F. B., Murphree, T. and P.M. Green. 2002. The Northern Oscillation Index (NOI): a new climate index. *Progress in Oceanography*, 53: 115-139.
- Thompson, D. W. J. and J. M. Wallace. 2000. Annular modes in the extra tropical circulation. Part I: month-to-month variability. *Journal of Climate*, 13: 1000-1016.
- Wallace, J. M. and D. S. Gutzler. 1981. Teleconnections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter. *Monthly weather Review*, 109: 784-812.
- Wang, C. and D. B. Enfield. 2001. The tropical western hemisphere warm pool. *Geophysical research letters*, 28: 1635-1638.
- Wilks, D. S. 1995. *Statistical methods in the atmospheric sciences: An introduction*. Academic Press, 464p.
- نوسانات بارش (مطالعه موردی: ایستگاه اهر). مجله فضای جغرافیایی، شماره ۲۹، صفحات ۱۲۸-۹۵.
- صلاحی، ب.، خورشیددوست، ع.م. و ی. قویدل رحیمی. ۱۳۸۶. ارتباط نوسان‌های گردش جوی-اقیانوسی اطلس شمالی با خشکسالی-های آذربایجان شرقی. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰ صفحات ۱۵۶-۱۴۷.
- عزیزی، ق. ۱۳۷۹. ال‌نینو و دوره های خشکسالی-ترسالی در ایران. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸، صفحات ۸۴-۷۱.
- علیجانی، ب. ۱۳۸۱. اقلیم‌شناسی سینوپتیک. انتشارات سمت. چاپ اول. ۲۵۷ صفحه.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۰. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ سیزدهم. انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا (ع)، ۷۳۵ صفحه.
- فاتحی مرچ، ا.، بهرانی داریان، ع.ر. و م. ح. مهدیان ۱۳۸۵. پیش‌بینی بارش فصلی با استفاده از پیوند از دور: مطالعه موردی حوزه آبریز دریاچه ارومیه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۳ (الف)، ۵۷-۴۵.
- فلاح قاهره، غ.ع. و ج. خوشحال. ۱۳۸۸. پیش‌بینی بارش بهار استان خراسان رضوی بر اساس سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. مجله پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۶۹ صفحات ۱۳۳-۱۱۵.
- قویدل رحیمی، ی. ۱۳۸۴. 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. فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، دوره ۹، شماره ۴، صفحات ۸۸-۷۱.
- معتدلی، م.، احترامیان، ک. و ع.ر. شهاب‌فر. ۱۳۸۶. بررسی ارتباط از دور سیگنال هواشناسی ENSO با نوسانات بارندگی و دما در استان خراسان. مجله علوم محیطی، شماره ۴، صفحات ۹۰-۷۵.
- موسوی بایگی، م.، فلاح قاهره، غ.ع. و م. حبیبی نوخندان. ۱۳۸۷. بررسی ارتباط نشانه‌های پهن مقیاس اقلیمی با بارش خراسان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۵، شماره ۲، صفحات ۲۲۴-۲۱۷.
- ناظم السادات، م. ج.، انصاری بصیر، ا. و م. ر. پیشوایی. ۱۳۸۶. ارزیابی سطح معنی‌داری برای پیش‌بینی دوران خشکسالی و ترسالی فصل پائیز و شش ماهه سرد ایران بر اساس وضعیت فازهای

تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۱

تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱۵

Assessment of Teleconnection Patterns Affecting Rainfall and Temperature

(Case Study: Mashhad Synoptic Station)

A. Alizadeh¹, M. Erfanian^{2*} and H. Ansari³

Abstract

Rainfall and mean temperature are the most important meteorological parameters in determining distribution of other meteorological variables and also in climatic classifications. In addition, they have undeniable effects on human, natural and especially agricultural activities. Therefore knowing the value, variation and prediction of these parameters could result in precise management in different sectors. This research was done for the assessment of teleconnection indices, which affect the two mentioned parameters in Mashhad during the period of 1956-2010. The stepwise regression model with limited input was used for training and also evaluation data to derive monthly and seasonal prediction models. The statistical results showed that these models have the suitable performance to predict the rainfall and temperature parameters. In general, this performance was more appropriate for monthly models than seasonal ones, and also for temperature than rainfall.

Keywords: Teleconnection pattern, Rainfall, Mean temperature, Stepwise regression, Mashhad

1,2,3- Professor, Ph. D student and Assistant Professor of Irrigation and drainage, Water Engineering Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: m_erfaniaan82@yahoo.com)