

برآورد آنومالی بارش و دمای سالانه در شمال شرق ایران و تاثیر آن بر عملکرد محصول گندم

دیم

اعظم عربی یزدی^{۱*}، سید حسین ثنایی نژاد^۲، محمد بنایان^۳

چکیده

ناهنجاری‌های اقلیمی از مهمترین عواملی هستند که بر میزان تولید محصولات دیم اثر می‌گذارند. در این پژوهش، با استفاده از داده‌های بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی (سال ۱۳۸۷-۱۳۶۸)، به برآورد آنومالی بارش و دمای سالانه و تاثیر آن بر عملکرد محصولات کشاورزی پرداخته شد. درصد آنومالی بارندگی (PAP) به عنوان شاخص پایش خشکسالی است و میزان تغییرات سالانه از مقدار نرمال آن را نشان می‌دهد. در گام نخست به منظور بررسی تغییرات بارش طی سال‌های آماری، روند میانگین متحرک ۵ ساله هر ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت. در گام بعد احتمال وقوع درصد آنومالی‌های بارش در همه ایستگاه‌ها با تابع هلالی (S مانند) ۳ پارامتری برازش داده شد که می‌توان احتمال وقوع هر دامنه‌ای از آنومالی بارندگی را در هر ایستگاه برآورد نمود. پس از آن ضرایب همبستگی درصد تغییرات آنومالی بارش و دمای حداقل و حداکثر سالانه با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون برآورد گردید. به منظور بررسی اثر آنومالی بارش و دما بر محصولات کشاورزی، ضرایب همبستگی این شاخص‌ها با آنومالی محصول گندم در سطح استان برآورد گردید که در ارتباط بین عملکرد محصول و عوامل آب و هوایی در نقاط مختلف نیز اختلافاتی وجود داشت. همچنین رگرسیون خطی چندگانه بین عامل وابسته عملکرد محصول گندم و عوامل اقلیمی آنومالی بارش، آنومالی دمای حداقل و حداکثر محاسبه شد. در سرخس، قوچان و مشهد آنومالی بارش و عملکرد گندم، دارای ضرایب همبستگی ۰.۵۵، ۰.۶۳ و ۰.۵۴ ($P < 0.05$) بوده و در بقیه مناطق روابط معنی داری دیده نشد. آنومالی دمای حداکثر و عملکرد گندم فقط در مشهد و آنومالی دمای حداقل و عملکرد گندم فقط در قوچان ($P < 0.05$) به ترتیب با ضرایب ۰.۴۸- و ۰.۵۶ معنی دار شد.

واژه‌های کلیدی: آنومالی بارش، ناهنجاری اقلیمی، ضریب همبستگی پیرسون، عملکرد محصول دیم، رگرسیون خطی چندگانه

مقدمه

و سودآوری کشاورزی داشته است مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است (Wheeler (2000), Schär et al. (2004), Kumar and Hansen (2007), Leckebusch et al. (2007)). از مهمترین عوامل اقلیمی غیر قابل کنترل می‌توان به اثر دما و بارندگی در تولید محصولات کشاورزی پرداخت. اگر الگوی زمانی بارش در منطقه‌ای شناخته نشود، کشاورزان نمی‌توانند در تولید محصولات خود به حداکثر بهره‌وری از منابع دست یابند و در ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌ها ممکن است با آسیب اقتصادی زیادی مواجه شوند (Bannayan et al (2010)). آنومالی بارش نشان‌دهنده میزان تغییرات از میانگین دراز مدت بارندگی منطقه است که می‌تواند مقادیر مثبت یا منفی داشته باشد. آنومالی مثبت در یک سال نشان می‌دهد که بارندگی آن سال بیش از حد نرمال است و آنومالی منفی نشان دهنده شرایط "خشک دوره" است که در مقیاس سالانه از آن به خشکسالی یاد می‌شود. با این تعریف می‌توان آنومالی بارش را شاخصی از پایش خشکسالی نیز دانست (Kai-ming and Gang (2010)). از دیدگاه هواشناسی، خشکسالی در دوره‌ای اتفاق می‌افتد

افزایش رشد جمعیت و نیاز به تامین غذای بیشتر از مهمترین چالش‌های فرا روی بشر است. تاثیر ناهنجاری‌های اقلیمی بر تولید محصولات کشاورزی ممکن است آینده غذای بشر را با چالش روبرو کند. زیرا نوسانات اقلیمی نقش مهمی در تولید و عملکرد محصولات دارد (Parry et al (2004), Rosenzweig and Parry (1994), IPCC (2007), Olesen et al. (2007)). شناخت روابط بین ناهنجاری‌های اقلیمی به منظور بررسی میزان تاثیر آنها بر هم و بر عملکرد محصولات کشاورزی می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های کلان بخش کشاورزی نقش بسزایی داشته باشد. در چند دهه گذشته نوسانات اقلیمی و رخداد‌های حدی به علت اثراتی که بر امنیت غذایی

۱-۲ به ترتیب دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: (Email: arabiyazdi@stu.um.ac.ir)

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

و احتمال خشکسالی کشاورزی را تحت تاثیر قرار می دهد Kumar (1998)

(2001) IPCC، تغییر عملکرد محصول را در اثر سه عامل تغییرات آب و هوایی زیر عنوان می کند: (الف) تغییر در شرایط متوسط، مانند درجه حرارت متوسط و یا بارش سالانه. (ب) تغییر در توزیع و یا فراوانی رخدادهای حدی مانند درجه حرارت آستانه مخرب فیزیولوژیکی و یا دوره‌های خشکسالی طولانی و (ج) ترکیبی از تغییرات در شرایط متوسط و تنوع آن.

نتایج مطالعات Shahrokhvandi (1385) نشان می دهد ضریب تغییرات بارش در کشور بر مبنای داده های ایستگاههای سینوپتیک ۴۰-۳۰ میلی متر و برای دما تغییراتی بین ۷-۴ درجه سانتی گراد است و در غالب ایستگاه ها ۴۳/۹ درصد تغییرات بارش و ۹۳/۸ درصد تغییرات دما توسط متغیرهای مکانی تبیین می گردد.

(2011) Esmaeili et al در تحقیقات خود میزان افزایش دما و بارش را برای استان خراسان رضوی در دوره (۲۰۳۹-۲۰۱۰) به ترتیب ۰/۵ درجه سلسیوس و ۷ میلی متر پیش بینی کردند. همچنین Soltani and Soltani (2008) روند افزایش دمای حداکثر و حداقل را در ایستگاه مشهد به ترتیب ۰/۲۴ و ۰/۴۵ در هر دهه برآورد کردند. Jahadi Toroghi (1378) و Ebrahimi et al (1384) روند افزایشی را برای عوامل اقلیمی دما و بارش در مشهد در دوره های ۱۹۵۱-۱۹۹۴ و ۱۹۵۱-۲۰۰۰ نشان دادند.

(2008) Findell and Delworth در نتایج تجزیه و تحلیل اقتصادی تحقیقات خود، ارتباط ضعیفی را بین تغییرات بارش و تولید بخش کشاورزی نشان می دهند. Bannayan et al (2010) همبستگی بین عملکرد محصولات دیم گندم و جو را با شاخص خشکی AI^T در خراسان بررسی نموده و روابط معنی داری را بدست آوردند و دریافتند که خشکی در برخی مناطق خراسان روی عملکرد محصول دیم تاثیر بسزایی دارد و شاخص AI می تواند ابزار مفیدی در پایش خشکسالی و در نتیجه تغییرات عملکرد محصول باشد (Bannayan et al (2010) به بررسی روابط بین شاخص های اقلیمی و عملکرد محصول گندم و جو دیم در مناطق شمال شرق ایران پرداختند و روند ارتباط روشنی بین عامل NINO 3.4 با عملکرد محصول نشان دادند. با استفاده از اطلاعات اقلیمی هر منطقه می توان تصمیمات و برنامه ریزی های کشاورزی را در جهت رسیدن به اهداف مورد نظر پیش برد. در این مقاله به مطالعه آنومالی بارش و دما و سپس به بررسی اینکه آیا تنوع بارش و دما تا به حال تاثیر واقعی بر تولید محصولات کشاورزی، خصوصا محصول گندم دیم در خراسان رضوی داشته است پرداخته می شود.

که میزان بارندگی از حد مورد انتظار کمتر باشد. در جدول (۱) خشکسالی بر اساس مقادیر درصد آنومالی بارش^۱ به گروه های خشکسالی خیلی شدید تا ترسالی خیلی شدید طبقه بندی شده است (Janowiak et al. (1986).

در مطالعات اولیه تاثیر تغییرات آب و هوا بر بهره‌وری محصول بیشتر تمرکز بر اثر افزایشی سطح CO₂ بوده است و پس از آن مطالعاتی در بررسی تغییر شرایط آب و هوا از جمله افزایش متوسط جهانی دما و یا تغییر بارندگی صورت پذیرفت Porter and Semenov (2005) Rosenzweig and Parry (1994) با ترکیب داده ها در مطالعات فردی در سطح منطقه ای/ملی برای رسم یک تصویر جهانی از تغییرات شبیه سازی در عملکرد محصول که مرتبط با حالات مختلف تغییرات آب و هوا است بهره گرفتند.

جدول ۱- طبقه بندی شدت خشکسالی بر اساس مقادیر درصد آنومالی بارش

شدت خشکسالی	درصد آنومالی بارش
خشکسالی خیلی شدید	$PAP \leq -80$
خشکسالی شدید	$-80 \leq PAP \leq -50$
خشکسالی متوسط	$-50 \leq PAP \leq -25$
خشکسالی کم	$-25 \leq PAP \leq 0$
نرمال	$0 \leq PAP \leq 25$
ترسالی کم	$25 \leq PAP \leq 50$
ترسالی متوسط	$50 \leq PAP \leq 100$
ترسالی شدید	$100 \leq PAP \leq 200$
ترسالی خیلی شدید	$200 < PAP$

ماخذ: Janowiak et al. (1986)

تولید محصولات کشاورزی از عوامل آب و هوایی غیر قابل کنترلی متاثر می شود که بارش به عنوان مهمترین عامل موثر بر تولیدات کشاورزی شناخته شده است. Wimalasuriyaa et al. (2008). محققین مختلفی به بررسی نقش بارندگی در تولید محصولات کشاورزی در مناطق مختلف پرداختند. Foley (1957), Gibbs and Maher (1967), Monteith (1981), Smith et al (1993), White, and Meagher (1995), Horridge et al. (2005). مقدار آب در دسترس گیاه به شدت به زمان شروع، خاتمه و طول فصل بارش بستگی دارد. شروع فصل بارندگی (ORS) متغیر مهم برای مدیریت کشاورزی (Stewart (1991), Ingram et al (2002) است که به طور مستقیم شیوه های مدیریت کشاورزی، به ویژه زمان کاشت و همچنین عملکرد محصول

1- Precipitation Anomaly Percent
2- onset of the rainy season

3- Aridity index

منابع داده ها

در این تحقیق داده‌های بارندگی، دمای حداقل و حداکثر در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی در دوره آماری سال ۱۳۸۷-۱۳۶۸ مورد بررسی قرار گرفت. این دوره به منظور یکسان بودن طول دوره آماری موجود در همه ایستگاه‌های مورد بررسی انتخاب شده است. داده‌های مربوط به عملکرد محصول گندم نیز از مرکز جهاد کشاورزی خراسان رضوی گرفته شده است. در نمودار (۱) سطح زیر کشت (هکتار) و عملکرد محصول گندم دیم (کیلوگرم در هکتار) در استان خراسان رضوی نشان داده شده است. می‌توان دریافت در سال‌های اخیر عملکرد محصول دیم در هکتار افزایش یافته است. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است.

روش انجام کار

پس از بررسی کیفیت داده‌ها و آزمون نرمال بودن (Soroosh, 2005)، محاسبه آنومالی بارش، دمای حداکثر، دمای حداقل و عملکرد گندم دیم برای مناطق مورد مطالعه (شکل ۱) مطابق رابطه (۱) و (۲) محاسبه شده است. آنومالی بارش سالانه به معنی میزان تغییرات سالانه بارش از مقدار نرمال آن است

$$Pa = \frac{(P - \bar{P})}{\bar{P}} * 100 \quad (1)$$

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

مواد و روش ها

منطقه مورد بررسی

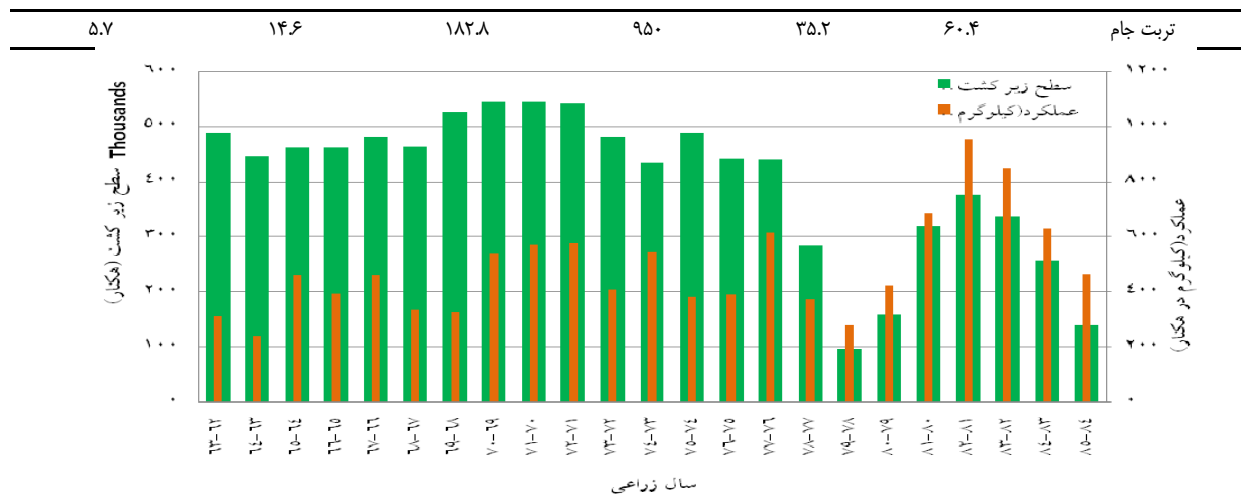
استان خراسان رضوی در منطقه نیمه خشک با مساحت ۱۱۹۷۰۷ کیلومتر مربع در عرض جغرافیایی ۲۹۸۰.۳۶ °N و طول جغرافیایی ۵۹۶۰.۵۷ °E واقع شده است. ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل (۱) نمایش داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه (A: درگز، B: قوچان، C: مشهد، D: سرخس، E: تربت جام، F: کاشمر، G: تربت حیدریه، H: نیشابور، I: سبزوار، J: گناباد)

جدول ۲- طول (Latitude) و عرض جغرافیایی (Longitude)، ارتفاع (H)، و میانگین متغیرهای اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی.

ایستگاه‌های مورد مطالعه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	متوسط بارش (mm)	میانگین بیشینه دما (°c)	میانگین کمینه دما (°c)
درگز	۵۹.۰	۳۷.۳	۵۱۴	۲۶۶.۷	۱۸.۶	۶.۹
قوچان	۵۸.۳	۳۷.۴	۱۲۷۰	۳۰۱.۷	۱۶.۴	۵.۵
گناباد	۵۸.۴	۳۴.۲	۱۰۵۶	۱۳۷.۷	۱۹.۱	۸.۷
کاشمر	۵۸.۳	۳۵.۱	۱۱۱۰	۱۹۲.۳	۲۰.۰	۱۰.۱
مشهد	۵۹.۴	۳۶.۲	۹۹۹	۲۳۵.۰	۱۸.۴	۷.۴
نیشابور	۵۸.۵	۳۶.۲	۱۲۱۳	۲۲۳.۷	۱۶.۴	۵.۱
سبزوار	۵۷.۴	۳۶.۱	۹۴۳	۱۷۸.۶	۲۱.۰	۱۰.۱
سرخس	۶۱.۱	۳۶.۳	۲۸۰	۱۸۸.۳	۲۰.۹	۹.۵
تربت حیدریه	۵۹.۱	۳۵.۲	۱۴۵۱	۱۵۵.۴	۱۷.۴	۶.۴



نمودار ۱- سطح زیر کشت (هکتار) و عملکرد محصول گندم دیم (کیلوگرم در هکتار) در استان خراسان رضوی

$$y = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}} \quad (۴)$$

$$y = y_0 + \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}} \quad (۵)$$

در رابطه (۴) و (۵) a ، b و x_0 و y_0 پارامترهای معادله هستند. ضرایب همبستگی بین متغیرهای "درصد آنومالی بارش"، "درصد آنومالی دمای حداقل" و "درصد آنومالی دمای حداکثر" در مقیاس سالانه با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون برآورد گردید. نحوه همبستگی و ارتباط دو متغیر دارای اهمیت می باشد و از این راه می توان یکی از این دو متغیر را کنترل یا پیش بینی کرد. برای سنجش این نوع همبستگی ضرائب گوناگون به کار می روند (behboodian(1383). همبستگی شدت وابستگی دو متغیر است که می توان آن را نشانه ای از قدرت و جهت رابطه خطی آن ها در نظر گرفت. در بررسی همبستگی دو متغیر اگر هر دو متغیر مورد مطالعه در مقیاس نسبی و فاصله ای باشند و از توزیع نرمال تبعیت کنند از آزمون پارامتری پیرسون (ضریب همبستگی گشتاوری پیرسون) استفاده می شود. اگر ضریب همبستگی جامعه ρ و ضریب همبستگی نمونه ای به حجم n از جامعه r باشد، ممکن است r تصادفی و اتفاقی بدست آمده باشد. برای این منظور از آزمون معنی داری ضریب همبستگی استفاده می شود. در این آزمون بررسی می شود آیا دو متغیر تصادفی و مستقل هستند یا خیر. به عبارت دیگر آیا ضریب همبستگی جامعه صفر است یا خیر (Habibi(1386). روش محاسبه ضریب همبستگی گشتاوری پیرسون با استفاده از:

الف) اعداد خام که با رابطه (۶) نشان داده شده است :

که در آن:

P_a : درصد آنومالی بارش،

P : مقدار بارش مشخص

\bar{P} : میانگین درازمدت بارش،

n : طول دوره آماری و

$i: 1, 2, \dots, n$ است. (Gibbs(1967), Shao-e and Bing-fang

(1997)

به منظور بررسی تغییرات آنومالی بارش طی سال های آماری، میانگین متحرک ۵ ساله هر ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت و دوره های تر و خشک در سال های آماری مشخص گردید.

در همه ایستگاه ها، برای محاسبه احتمال وقوع و دوره بازگشت آنومالی با درصد های مختلف، داده های PAP به ترتیب صعودی ردیف شده و با استفاده از توزیع تجربی ویبول تخمین زده شده است که تابع چگالی آن به شکل رابطه (۳) ارائه شده است.

$$f(x; k, \lambda) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-(x/\lambda)^k} \quad (۳)$$

که در آن $k > 0$ پارامتر شکل و $\lambda > 0$ پارامتر مقیاس است.

با استفاده از چگالی احتمال هر مقدار PAP که همان ارتفاع منحنی در آن نقطه است منحنی توزیع تجمعی مقادیر PAP ارائه شده است. با برازش توابع احتمالاتی و انتخاب بهترین تابع توزیع احتمال که بیشترین مطابقت را با داده ها دارد می توان به ازای هر احتمال مورد نظر مقدار متغیر مورد نظر را بدست آورد (Alizadeh(1388). توزیع احتمال تجمعی آن توسط تابع سیگموئیدی یا s شکل سه و چهار پارامتری به فرم کلی زیر مورد بررسی قرار گرفت.

شرایط خشکسالی و تغییرات آب و هوایی سازگاری پیدا کرد.

نتایج و بحث

با بررسی تغییرات آنومالی بارش طی سال‌های آماری، میانگین متحرک ۵ ساله هر ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در نمودار (۲) ارائه شده است در ایستگاه درگز بین سالهای ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۷ بارش‌ها بیش از ۲۰ درصد میانگین دراز مدت بارندگی بوده که دوره ترسالی داشته است. در حالی که از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷ دوره خشک‌سالی بوده و در ۳ سال از این دوره آنومالی بارش از ۴۰ - درصد نیز بیشتر بوده است. ایستگاه گناباد نیز بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۷ در ۵ سال، آنومالی بیش از ۴۰ درصد داشته است و از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷ دوره خشک‌سالی با آنومالی بارش منفی داشته بطوری که در سال ۱۳۸۷ بارندگی کمتر از ۴۰ درصد میانگین درازمدت آن بوده است. متناسب با هر میزان آنومالی بارش، شرایط خشکسالی و یا سیل رخ می‌دهد. در شرایطی که برای چندین سال متوالی روند آنومالی بارش منفی باشد بررسی میانگین متحرک آنومالی بارش دیدگاه جدیدی را در رخداد خشکسالی کشاورزی و هیدرولوژیکی ارائه می‌کند. اما سوالی که پیش می‌آید اینست که برای تعیین شاخص‌های مناسب در تعریف یک خشکسالی هیدرولوژیکی، اولاً چه دوره آماری برای محاسبه متوسط میان مدت بارش سالانه مناسب است؟ و یا این که آنومالی منفی باید برای چند سال مداومت داشته باشد تا بتوان آن را به عنوان خشکسالی کشاورزی و یا خشکسالی هیدرولوژیکی قلمداد نمود. در ایستگاه‌های کاشمر، مشهد، تربت حیدریه و تربت جام نیز در سال ۱۳۷۸ به بعد آنومالی بارش از مقادیر مثبت (تر سالی) به مقادیر منفی (خشکسالی) تغییر کرده است. در سال‌هایی که میانگین ۵ ساله آنومالی بارش به صفر نزدیک می‌شود بدین معنی است که در سال مورد نظر میانگین ۵ ساله آنومالی به سمت میانگین دراز مدت بارندگی میل می‌کند. ممکن است در دوره ۵ ساله، سال‌هایی وجود داشته باشند که آنومالی بارش مثبت، منفی و یا خنثی باشد ولی اثر تجمعی آن روی خشکسالی‌های کشاورزی و یا هیدرولوژیکی خنثی است. در سال‌هایی که شیب خط میانگین ۵ ساله نزولی است خشکسالی کشاورزی رخ داده و استمرار این روند نزولی در سال‌های متوالی ممکن است خشکسالی‌های هیدرولوژیکی را در بر داشته باشد. مطابق تعریف (IWMI (2005) در شرایطی که میزان رطوبت خاک آنقدر کم باشد که بر میزان تولیدات کشاورزی اثر منفی بگذارد، خشکسالی کشاورزی رخ داده است. اگر بارندگی در منطقه‌ای برای یک یا چند سال کمتر از میانگین دراز مدت آن باشد به گونه‌ای که جریان‌های آب سطحی و زیر زمینی کاهش یابد، خشکسالی در سطح بالاتر هیدرولوژیکی توسعه پیدا می‌کند. در کلیه ایستگاه‌ها (بجز قوچان) روند تغییرات بارش، کاهش است. همچنین میزان تغییرات متوسط بارش با متوسط دمای حداقل و حداکثر سالانه در همه ایستگاه‌ها بررسی شد که روابط رگرسیونی در نمودار (۳) نشان می‌دهد.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (۶)$$

و ب) استفاده از نمره‌های استاندارد شده در رابطه (۷):

$$Z_y = \frac{y - \bar{y}}{s_y} \quad \text{و} \quad Z_x = \frac{x - \bar{x}}{s_x}$$

با تعریف $Z_y = \frac{y - \bar{y}}{s_y}$ و $Z_x = \frac{x - \bar{x}}{s_x}$ که در آن s_y و s_x به ترتیب انحراف معیار متغیرهای x و y می‌باشد داریم:

$$r = \frac{\sum Z_x Z_y}{n} \quad (۷)$$

ضریب همبستگی بین ۱- و ۱+ تغییر می‌کند. علامت مثبت یا منفی ضریب، جهت این رابطه را نشان می‌دهد (Hill et al(2001). ممکن است متغیرها با هم همبستگی خطی یا غیر خطی داشته و یا هیچ ارتباطی با هم نداشته باشند. چنانچه سطح معنی‌داری کم‌تر از مقدار خطا باشد چنین استنباط می‌شود که ضریب همبستگی معنی‌دار است. از آنجا که معمولاً این آزمون‌ها را با سطح خطای ۵ درصد در نظر می‌گیرند کم‌تر از ۵ درصد بودن سطح معنی‌داری نشان از معنی‌داری ضریب همبستگی است.

به منظور بررسی اثر آنومالی بارش و دما بر محصولات کشاورزی، ضرایب همبستگی این شاخص‌ها با آنومالی محصول گندم در سطح استان خراسان رضوی نیز برآورد گردید.

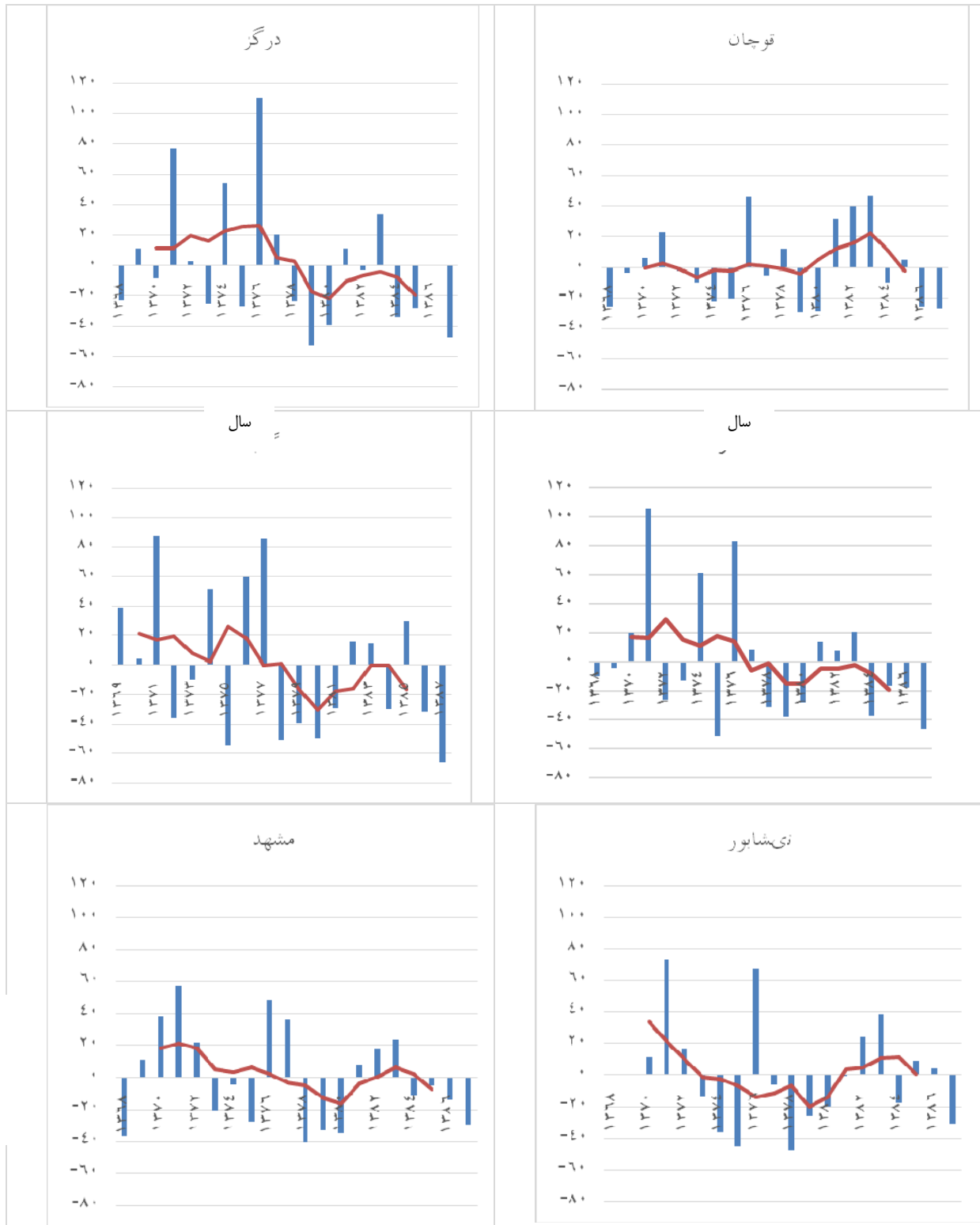
در همه ایستگاه‌ها به منظور آنالیز ارتباط بین متغیرهای آنومالی دما (حداکثر و حداقل) و بارش به عنوان متغیرهای مستقل و متغیر آنومالی عملکرد محصول گندم به عنوان متغیر وابسته، معادله رگرسیون خطی چند گانه به فرم کلی رابطه (۸) محاسبه شده است.

$$YAP_j = a + B_1 P_{1j} + B_2 T_{max} AP_{2j} + B_3 T_{min} AP_{3j} + \dots \quad (۸)$$

نکته قابل ذکر این است که در بررسی عملکرد محصولات در این پژوهش فقط عوامل آب و هوایی مورد بررسی قرار گرفته است، در حالی که در واقعیت ممکن است عوامل دیگری نیز وجود داشته باشد که اثر آنها لحاظ نمی‌شود و لذا نمی‌توان تفسیر درستی از روابط بین این متغیرها داشت. مطابق نظر (Diepen and Wall (1996 این فرآیندها و عوامل را می‌توان به صورت مجموعه‌های زیر طبقه‌بندی نمود:

- (۱) عوامل غیر جاندار، مانند رطوبت خاک، حاصلخیزی خاک، آب و هوا.
 - (۲) عوامل مدیریت مزرعه، مانند شخم خاک، تاریخ کاشت، روش کاشت.
 - (۳) عوامل توسعه زمین، مانند آبیاری.
 - (۴) عوامل اجتماعی و اقتصادی، از جمله فاصله بازارها، فشار جمعیت، سطح آموزش و پرورش
 - (۵) عوامل فاجعه بار مانند خشکسالی، سیل و آفات.
- لذا با درک بهتر هر کدام از این عوامل و اثر آن‌ها بر عملکرد محصولات کشاورزی می‌توان عدم قطعیت‌ها را کاهش داده و با

آنومالی بارش (درصد)



آنومالی بارش (درصد)



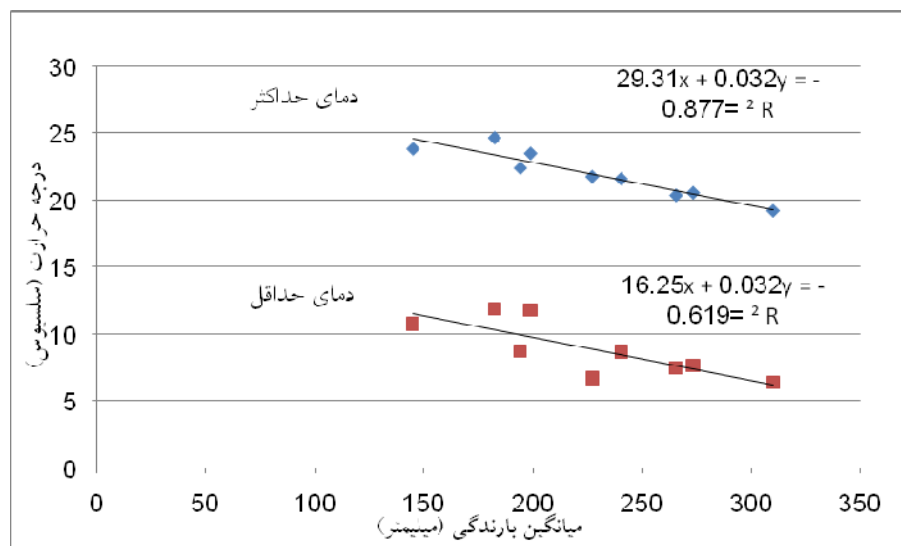
آنومالی سالانه بارش
میانگین متحرک ۵ ساله

نمودار ۲- سری زمانی آنومالی بارندگی و میانگین متحرک ۵ساله در ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۳- برآورد آنومالی $\pm 2\%$ درصد در ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	+20% PAP(mm)	-20%PAP(mm)
درگز	۳۲۰.۱	۲۱۳.۴
قوچان	۳۶۲.۰	۲۴۱.۳
گناباد	۱۶۵.۲	۱۱۰.۱
سرخس	۲۳۰.۷	۱۵۳.۸
نیشابور	۲۸۲.۰	۱۸۸.۰
مشهد	۲۶۵.۵	۱۷۹.۰
کاشمر	۲۱۴.۴	۱۴۲.۹
تربت حیدریه	۲۲۵.۹	۱۵۰.۶
تربت جام	۳۰۶.۴	۲۰۴.۳
سبزوار	۲۱۹.۴	۱۴۶.۳

مأخذ: محاسبات تحقیق



نمودار ۳- بررسی روند تغییرات متوسط بارش و دما در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه استان خراسان رضوی

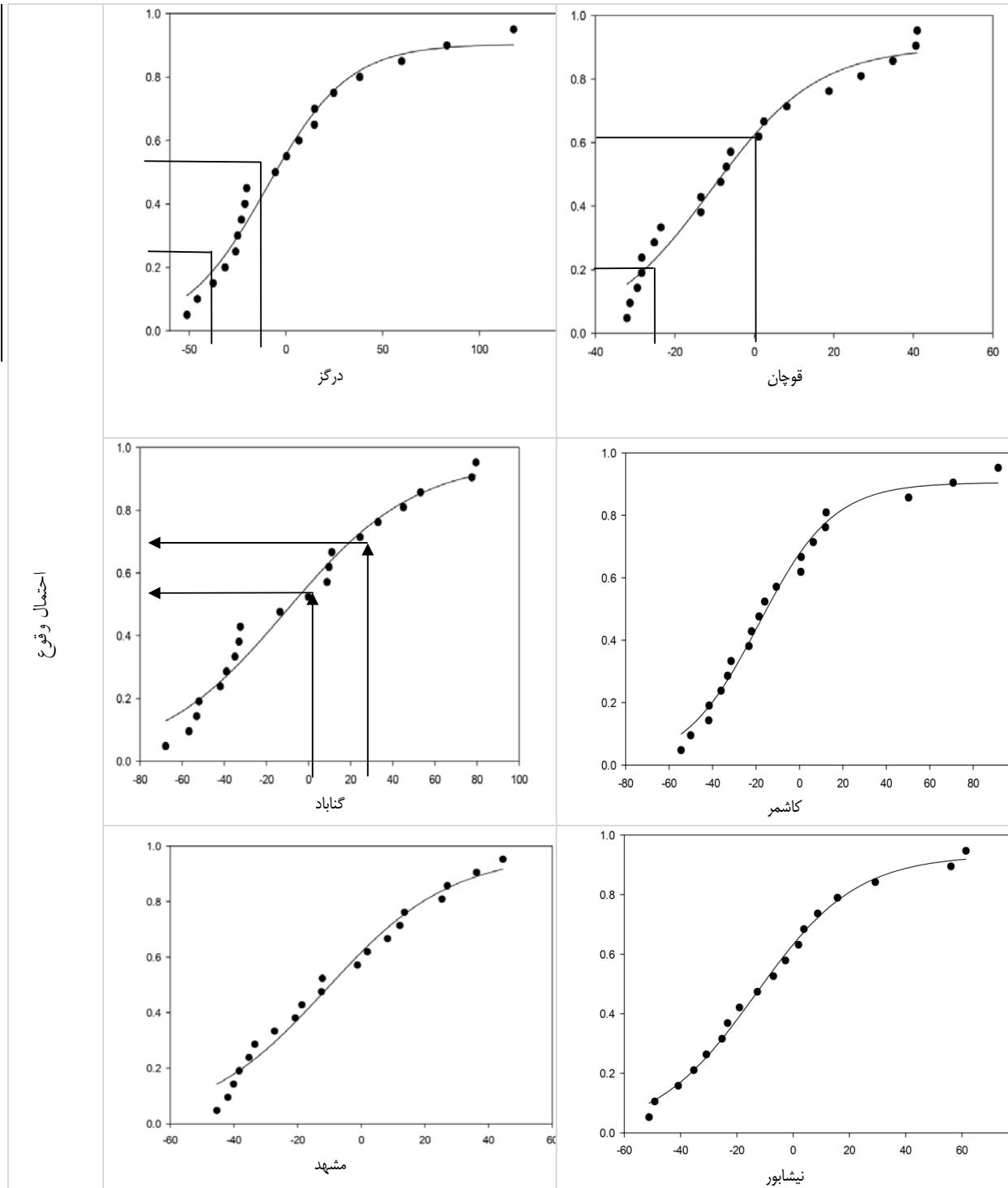
هر چه به سمت ایستگاه‌های با بارش بیشتر پیش رویم، دمای هوای حداقل و حداکثر در آن مناطق با ضریب $0/032$ کاهش می‌یابد و روابط معنی‌داری بین کاهش دمای هوای حداقل و حداکثر در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه با افزایش بارندگی وجود دارد. ضریب همبستگی بین دمای حداقل و حداکثر با بارش به ترتیب $0/79$ و $0/94$ است.

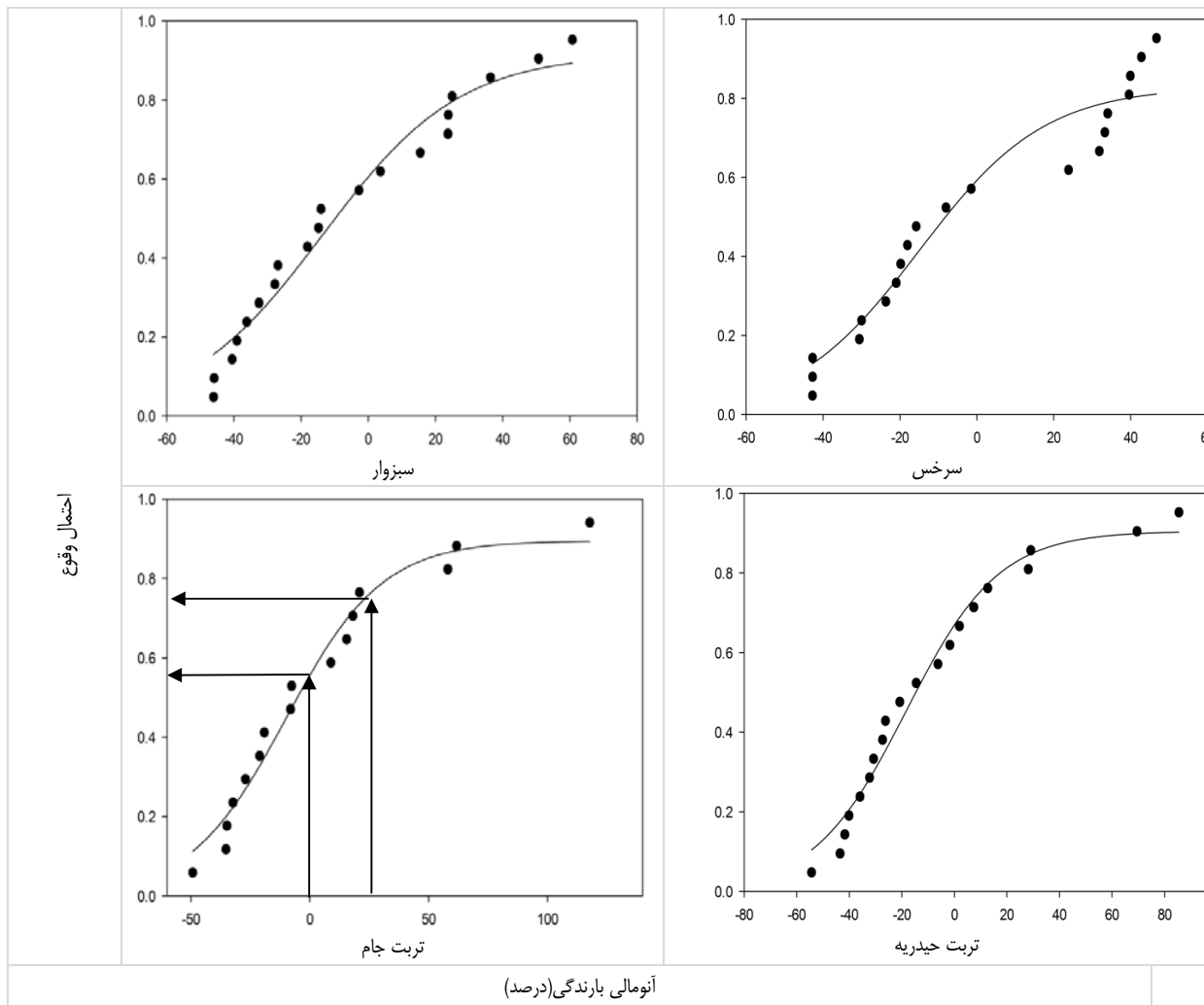
در نمودار (۴) با استفاده از رابطه تجربی ویبول، احتمال وقوع آنومالی با درصدهای مختلف در هر ایستگاه برآورد شده است و مقادیر اولیه تخمینی برای پارامترهای تابع برازش داده شده و میزان همبستگی بهترین برازش‌ها روی داده‌های آنومالی در جدول (۴) ارائه شده است. مقادیر R (ضریب همبستگی) و R^2 (ضریب تبیین) برای توابع در محدوده $0/969$ تا $0/997$ تغییر می‌کند و نتایج تقریبی پارامتر موردنظر در آینده را براساس مدل ریاضی تعریف شده که منطبق بر داده‌های موجود است، بیان می‌دارد و نشان دهنده برازش بسیار خوب تابع هلالی (S شکل) ۳ پارامتری با داده‌های آنومالی بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه این تحقیق است. بدین ترتیب با استفاده از تابع توزیع هر منطقه می‌توان احتمال وقوع هر درصدی از آنومالی (مثبت یا منفی) را بدست آورد و ارتفاع منحنی برای یک بازه یا دامنه خاص بیان می‌شود بطور مثال، مطابق جدول (۱) احتمال وقوع آنومالی بارش بین صفر تا -25 درصد که نشان‌دهنده خشکسالی با شدت کم در منطقه است ($0 \leq P \leq -25$) در ایستگاه‌های درگز و قوچان به ترتیب $(28=27-55)$ و $(30=22-62)$ درصد و دوره بازگشت آن 3.5 و 3.3 سال است. همچنین احتمال این‌که میزان بارندگی در منطقه مشهد، تربت‌جام و گناباد در حد نرمال و یا کمتر باشد ($0 \leq P \leq 25$) به ترتیب $(21=62-83)$ ، $(20=55-75)$ و

(۱۴=۵۷-۷۱) درصد است. بدین ترتیب احتمال وقوع آنومالی در هر بازه و دامنه مورد نظر در هر ایستگاه در نمودار (۴) قابل محاسبه است که می‌توان در برنامه ریزی و مدیریت کشت دیم از آن بهره گرفت. همچنین دوره بازگشت هر ترسالی با آنومالی بین صفر تا 25 درصد برای ایستگاه‌های فوق به ترتیب 4.7 ، 5 و 7.1 سال است. در جدول (۴) محدوده پارامتر a برای همه ایستگاه‌ها بین -0.94 تا 2.8 تغییر می‌کند ولی محدوده حداقل و حداکثر پارامتر b تغییرات بیشتری دارد. در بررسی ضرایب همبستگی درصد تغییرات آنومالی بارش و دمای حداقل و حداکثر سالانه با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون، همانطور که در جدول (۵) نتایج نشان داد درصد تغییرات بارش و دمای حداکثر سالانه در ایستگاه درگز دارای ضریب همبستگی $0/57$ - ($P < 0.05$) و در مشهد و نیشابور به ترتیب $-0/44$ و $-0/46$ - ($P < 0.05$) در دیگر ایستگاه‌ها روابط معنی‌داری مشاهده نشد. درصد تغییرات بارش و دمای حداقل سالانه تنها در ایستگاه کاشمر ضریب همبستگی $0/46$ - ($P < 0.01$) رانشان داد و در دیگر ایستگاه‌ها روابط معنی‌داری مشاهده نشد. درصد تغییرات آنومالی دمای حداقل و حداکثر در همه ایستگاه‌ها با ضرایبی بین $0/68$ تا $0/95$ ($P < 0.01$) معنی‌دار بود. به منظور بررسی اثر آنومالی بارش و دما بر محصولات کشاورزی، ضرایب همبستگی این شاخص‌ها با آنومالی محصول گندم دیم در سطح استان برآورد گردید. در سرخس، قوچان و مشهد آنومالی بارش و عملکرد گندم، دارای ضرایب همبستگی 0.62 ، 0.55 و 0.54 ($P < 0.05$) بوده و در بقیه مناطق روابط معنی‌داری دیده نشد. قوچان بیشترین میانگین بارندگی را در سطح استان دارد و مشهد نیز در رتبه چهارم قرار دارد.

در هر چه به سمت ایستگاه‌های با بارش بیشتر پیش رویم، دمای هوای حداقل و حداکثر در آن مناطق با ضریب $0/032$ کاهش می‌یابد و روابط معنی‌داری بین کاهش دمای هوای حداقل و حداکثر در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه با افزایش بارندگی وجود دارد. ضریب همبستگی بین دمای حداقل و حداکثر با بارش به ترتیب $0/79$ و $0/94$ است.

در نمودار (۴) با استفاده از رابطه تجربی ویبول، احتمال وقوع آنومالی با درصدهای مختلف در هر ایستگاه برآورد شده است و مقادیر اولیه تخمینی برای پارامترهای تابع برازش داده شده و میزان همبستگی بهترین برازش‌ها روی داده‌های آنومالی در جدول (۴) ارائه شده است. مقادیر R (ضریب همبستگی) و R^2 (ضریب تبیین) برای توابع در محدوده $0/969$ تا $0/997$ تغییر می‌کند و نتایج تقریبی پارامتر موردنظر در آینده را براساس مدل ریاضی تعریف شده که منطبق بر داده‌های موجود است، بیان می‌دارد و نشان دهنده برازش بسیار خوب تابع هلالی (S شکل) ۳ پارامتری با داده‌های آنومالی بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه این تحقیق است. بدین ترتیب با استفاده از تابع توزیع هر منطقه می‌توان احتمال وقوع هر درصدی از آنومالی (مثبت یا منفی) را بدست آورد و ارتفاع منحنی برای یک بازه یا دامنه خاص بیان می‌شود بطور مثال، مطابق جدول (۱) احتمال وقوع آنومالی بارش بین صفر تا -25 درصد که نشان‌دهنده خشکسالی با شدت کم در منطقه است ($0 \leq P \leq -25$) در ایستگاه‌های درگز و قوچان به ترتیب $(28=27-55)$ و $(30=22-62)$ درصد و دوره بازگشت آن 3.5 و 3.3 سال است. همچنین احتمال این‌که میزان بارندگی در منطقه مشهد، تربت‌جام و گناباد در حد نرمال و یا کمتر باشد ($0 \leq P \leq 25$) به ترتیب $(21=62-83)$ ، $(20=55-75)$ و





نمودار ۴- احتمال وقوع آنومالی بارندگی با درصدهای مختلف در ایستگاههای مورد مطالعه آنومالی بارندگی(درصد)

شده و نیاز به کاشت مجدد بذر گردد. دومین دوره حساس زمان گلدهی گیاه می باشد که در این زمان کمبود آب، به شدت موجب کاهش میزان محصول می شود (Benoit 1977). نوسانات سالانه بارش ها تصمیم گیری در مورد زمان کاشت و انتخاب نوع گیاه را بسیار مشکل می کند. به طور کلی عملکرد محصولات با دیر شروع شدن فصل بارش و همچنین با زود خاتمه یافتن بارندگی ها کاهش می یابد. همچنین دوره های خشکی طولانی در طول فصل رویش می توانند روند رشد و نمو گیاه را یا کند و متوقف کنند (Mugalavi et al 2008).

ضرایبی که در رگرسیون خطی چند گانه وجود دارد پس از تصحیح ارتباط خطی متغیرهای مستقل با یکدیگر حاصل شده است. R^2 ضریب تبیین چندگانه است که برای رگرسیون یا همبستگی چندگانه به کار می رود و نسبتی از وابستگی متغییر وابسته YAP

آنومالی دمای حداکثر و عملکرد گندم فقط در مشهد و آنومالی دمای حداقل و عملکرد گندم فقط در قوچان ($P < 0.05$) به ترتیب با ضریب ۰.۴۸- و ۰.۵۷ معنی دار شد.

عواملی نظیر انتخاب نوع گیاه، رقم مناسب یا انجام برخی عملیات زراعی و همچنین داشتن اطلاعات کافی در مورد پارامترهایی از منطقه مورد نظر نظیر زمان شروع و خاتمه بارندگی ها، تعداد روزهای بارانی، طول دوره ی خشکی و در عملکرد محصول دخالت دارند (Alizadeh et al 1389) و ممکن است همین امر موجب شود تا نتوان همبستگی مستقیمی بین مقدار آنومالی بارش سالانه و آنومالی عملکرد گندم دیدیم یافت. در طول دوره رشد گیاه، اثرات کمبود آب بر میزان محصول در دو دوره محسوس تر می باشد. اولین دوره پس از کاشت گیاه و در زمان جوانه زنی است که یک دوره خشکی طولانی در این زمان می تواند باعث از بین رفتن گیاه

روی متغیر های مستقل است.

جدول ۴- نتایج مربوط به برازش تابع هلالی ۳ پارامتری بر داده های CDF آنومالی بارش در هر ایستگاه

نام ایستگاه	محدوده پارامترها برای تخمین اولیه	حد اقل محدوده	حد اکثر محدوده	R (ضریب همبستگی)	Rsq ¹ (ضریب تشخیص)
درگز	a	-۰.۹۵	۲.۸۵	۰.۹۸۹	۰.۹۷۷
	b	-۱۳.۶۲	۴۰.۸۷		
	x0	-۱۸.۴۲	۶.۱۴		
قوچان	a	-۰.۹۵	۲.۸۶	۰.۹۸۶	۰.۹۷۲
	b	-۸.۳۳	۲۵.۰		
	x0	-۲۲.۴۶	۷.۴۹		
گناباد	a	-۰.۹۵	۲.۸۶	۰.۹۸۶	۰.۹۷۲
	b	-۱۷.۵۳	۵۲.۶		
	x0	-۳۸.۸۸	۱۲.۹۶		
سرخس	a	-۰.۹۵	۲.۵۸	۰.۹۸۹	۰.۹۳۹
	b	-۱۴.۰۷	۴۲.۲		
	x0	-۲۵.۵۷	۸.۵۲		
نیشابور	a	-۰.۹۵	۲.۸۴	۰.۹۹۷	۰.۹۹۵
	b	-۹.۷۸	۲۹.۳۴		
	x0	-۳۱.۴۱	۱۰.۴۷		
مشهد	a	-۰.۹۵	۲.۸۶	۰.۹۹۰	۰.۹۸۰
	b	-۱۱.۳۸	۳۴.۱۵		
	x0	-۲۷.۴۴	۹.۱۵		
کاشمر	a	-۰.۹۵	۲.۸۶	۰.۹۹۴	۰.۹۸۷
	b	-۱۰.۴۲	۳۱.۲۵		
	x0	-۴۸.۸۶	۱۶.۳۹		
ترت حیدریه	a	-۰.۹۵	۲.۸۶	۰.۹۹۰	۰.۹۸۰
	b	-۱۱.۵۱	۳۴.۵۲		
	x0	-۵۳.۳۳	۱۷.۷۸		
ترت جام	a	-۰.۹۴	۲.۸۲	۰.۹۸۷	۰.۹۷۵
	b	-۱۲.۳۷	۳۷.۱۲		
	x0	-۲۱.۶۱	۷.۲۰		
سبزوار	a	-۰.۹۵	۲.۸۶	۰.۹۸۴	۰.۹۶۹
	b	-۱۳.۴۰	۴۰.۲۱		
	x0	-۲۷.۶۳	۹.۲۱		

ماخذ: محاسبات تحقیق

مستقل بوده و یک فوق سطح^۳ را تشکیل می‌دهد در حالی که رگرسیون خطی ساده یک خط را تشکیل می‌دهد. این معادلات نشان می‌دهد که ممکن است هر کدام از متغیرهای مستقل بطور ذاتی با هم وابسته باشند، در حالی که در جدول (۴) رابطه معنی دار تنها در بین برخی از متغیرهای ذکر شده وجود داشت. در چنین حالتی که متغیرهای مستقل ناهمبسته باشند، ضرایب مربوط به متغیرهای مستقل در معادلات رگرسیون ساده و چندگانه برابر است. ضریب تبیین تصحیح شده برای همه ایستگاه‌ها بین ۰/۳۴ تا ۰/۹۹ تغییر

با تعریف R_a^2 (ضریب تبیین تصحیح شده) به عنوان معیاری برای سنجش شایستگی برازش، می‌توان معادلات رگرسیون با تعداد مختلف متغیر مستقل را مقایسه نمود (Khaldari (1390) و به صورت رابطه زیر ارائه می‌شود:

$$R_a^2 = 1 - R^2$$

در جدول (۶) معادلات رگرسیون خطی چندگانه که برای ایستگاه‌های مختلف محاسبه شده است دارای بیش از دو متغیر

3- Hyper plane

1- Coefficient of Determination
2- Adjustment coefficient of determination

از بررسی تغییرات آنومالی بارش و دما با میزان عملکرد محصولات کشاورزی در ایستگاه های مختلف استان خراسان رضوی معلوم شد که در ۳ ایستگاه قوچان، سرخس و مشهد میزان عملکرد از تغییرات بارش تاثیر می پذیرد، رابطه معنی دار بین آنومالی عملکرد با آنومالی دمای حداقل فقط در ایستگاه قوچان و در مشهد با آنومالی دمای حداکثر دیده شد و در چهار ایستگاه درگز، گناباد، تربت حیدریه و سبزوار رابطه رگرسیونی خطی چند متغیره (شامل متغیر های آنومالی بارش، دمای حداکثر و حداقل) با ضریب تبیین تصحیح شده قابل قبول نشان داده شد. در دیگر ایستگاه ها تغییرات دما و بارش با تغییرات عملکرد محصول رابطه معنی داری نشان نداد که این موضوع ممکن است تحت اثر پارامترهایی نظیر انتخاب نوع گیاه، رقم مناسب یا انجام برخی عملیات زراعی و همچنین زمان شروع و خاتمه بارندگی ها، تعداد روزهای بارانی، طول دوره ی خشکی و غیره باشد.

می کند. بیشترین ضریب مربوط به وابستگی آنومالی عملکرد گندم با آنومالی بارش در ایستگاه کاشمر دیده شد که معادل ۰/۷۶۲ است. بیشترین ضریب مربوط به وابستگی آنومالی عملکرد گندم با آنومالی دمای حداکثر و حداقل نیز در ایستگاه گناباد دیده شد که معادل ۱/۲۲- و ۱/۳۱۴ است. در برخی ایستگاه ها مانند نیشابور، مشهد، کاشمر و تربت حیدریه نمی توان در مورد ضرایب همبستگی عملکرد محصول و متغیرهای تغییرات دمای حداقل و حداکثر نظر قاطعی داد و نیاز به تعداد داده بیشتر می باشد. این شرایط در ایستگاه هایی که در رگرسیون خطی ساده بین دو عامل اقلیمی رابطه معنی داری بدست نیامده است، به چشم می خورد. در ایستگاه مشهد علی رغم اینکه رابطه معنی دار بین دو متغیر آنومالی دمای حداکثر و عملکرد محصول وجود دارد ولی در رگرسیون چندگانه نمی توان در مورد همبستگی این دو نظر قاطعی داد و احتمال خطا وجود دارد.

نتیجه گیری

جدول ۵- ضرایب همبستگی (r) بین متغیرهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم و درصد معنی داری آنها (P-value < ۰.۰۵) در ایستگاه های مورد مطالعه

TminAP-wheatAP		TmaxAP-wheatAP		TmaxAP-TminAP		PAP-wheat AP		PAP-TminAP		PAP-TmaxAP		متغیرها
P-value	r	P-value	r	P-value	r	P-value	r	P-value	r	P-value	r	ضریب همبستگی نام ایستگاه
۰.۲۸	۰.۲۷	۰.۹۱	-۰.۰۳	۰.۰۰۰۲۱	۰.۷۷	۰.۴۲	۰.۲۰	۰.۲۸	-۰.۲۷	۰.۰۱	-۰.۵۷	درگز
۰.۰۲	۰.۵۷	۰.۳۸	۰.۲۳	۰.۰۰۰۰۱	۰.۸۶	۰.۰۲	۰.۵۶	۰.۷۷	۰.۰۸	۰.۴۲	-۰.۲۱	قوچان
۰.۳۷	۰.۳۷	۰.۸۶	۰.۰۸	۰.۰۰۰۰۱	۰.۸۷	۰.۷۳	۰.۱۴	۰.۸۲	۰.۰۶	۰.۸۳	-۰.۰۶	گناباد
۰.۵۵	۰.۱۷	۰.۲۳	-۰.۳۳	۰.۰۰۰۰۳۲	۰.۷۷	۰.۰۱	۰.۶۲	۰.۸۶	۰.۰۵	۰.۱۶	-۰.۳۶	سرخس
۰.۶۶	۰.۱۲	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰۰۰۱	۰.۸۹	۰.۱۸	۰.۳۶	۰.۳۳	-۰.۲۷	۰.۰۸	-۰.۴۶	نیشابور
۰.۳۰	-۰.۲۷	۰.۰۵	-۰.۴۸	۰.۰۰۰۰۲	۰.۸۵	۰.۰۲	۰.۵۴	۰.۳۸	-۰.۲۳	۰.۰۸	-۰.۴۴	مشهد
۰.۸۹	-۰.۰۴	۰.۶۳	-۰.۱۳	۰.۰۰۰۰۰	۰.۹۵	۰.۲۲	۰.۳۲	۰.۰۶	-۰.۴۶	۰.۱۶	-۰.۳۶	کاشمر
۰.۸	۰.۰۷	۰.۹۳	۰.۰۲	۰.۰۰۰۰۵	۰.۸۲	۰.۱۳	۰.۳۸	۰.۴۲	-۰.۲۱	۰.۳۳	-۰.۲۵	تربت حیدریه
۰.۷۹	-۰.۰۸	۰.۸۶	-۰.۰۷	۰.۰۰۰۰۰	۰.۹۴	۰.۹۷	-۰.۰۱	۰.۹۹	۰.۰۰	۰.۷۹	۰.۰۸	تربت جام
۰.۶۵	-۰.۱۲	۰.۲۹	-۰.۲۸	۰.۰۰۲۷۴	۰.۹۸	۰.۲۲	۰.۳۱	۰.۵۳	-۰.۱۷	۰.۳۸	-۰.۲۳	سبزوار

ماخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۶- معادلات رگرسیون چندگانه و ضرایب تبیین و همبستگی چندگانه ایستگاه های مورد مطالعه

R ² _a	R	R ²	رگرسیون چند متغیره خطی	نام ایستگاه
۰.۷۹	۰.۴۶	۰.۲۱	YAP = 0.403 + (0.119 * PAP) - (0.604 * TmaxAP) + (0.605 * TminAP)	درگز
۰.۳۴	۰.۸۱	۰.۶۶	YAP = 0.110 + (0.291 * PAP) - (0.690 * TmaxAP) + (1.075 * TminAP)	قوچان
۰.۶۴	۰.۵۷	۰.۳۶	YAP = 0.429 - (0.0621 * PAP) - (1.227 * TmaxAP) + (1.314 * TminAP)	گناباد
۰.۸۲	۰.۴۲	۰.۱۸	*YAP = 0.161 + (0.278 * PAP) - (0.105 * TmaxAP) + (0.290 * TminAP)	نیشابور
۰.۶۱	۰.۶۴	۰.۳۹	*YAP = 0.503 + (0.276 * PAP) - (0.613 * TmaxAP) + (0.318 * TminAP)	مشهد
۰.۶۱	۰.۶۳	۰.۳۹	*YAP = 0.0409 + (0.762 * PAP) - (2.000 * TmaxAP) + (2.204 * TminAP)	کاشمر
۰.۸۳	۰.۴۱	۰.۱۷	YAP = 0.247 + (0.435 * PAP) + (0.00814 * TmaxAP) + (0.134 * TminAP)	تربت حیدریه
۰.۹۹۲	۰.۰۹	۰.۰۰۸	*YAP = 0.567 - (0.00959 * PAP) + (0.118 * TmaxAP) - (0.201 * TminAP)	تربت جام
۰.۸۵	۰.۰۴	۰.۱۵	YAP = 0.650 + (0.226 * PAP) - (0.317 * TmaxAP) + (0.101 * TminAP)	سبزوار

مأخذ: محاسبات تحقیق

*توضیح: در لحاظ نمودن دو متغیر **TmaxAP** و **TminAP** در معادله رگرسیون خطی باید ملاحظه بیشتری نمود، بدین ترتیب که تحلیل براساس تعداد داده های بیشتری صورت گیرد و یا این دو متغیر از معادله حذف شود. زیرا مقادیر بالای VIF ممکن است خطا ایجاد کند.

Behboodjan, javad. (1999), Non-parametric Statistics .Shiraz university publisher. Shiraz. Iran.

Benoit, P. (1977). The start of the growing season in northern Nigeria. *Agricultural Meteorology*. 18:91-99.

Diepen, C.A., van der Wall, T., (1996). Crop growth monitoring and yield forecasting at regional and national scale. *International Journal .F. Dallemend, P. Vossen (Eds.), Proc. Workshop for Central and Eastern Europe on Agrometeorological Models: Theory and Applications, The MARS Project Ispra, Italy, November 21–25, 1994. European Commission, Luxembourg, pp. 143–157.*

Ebrahimi, h., Alizadeh, A., and Javanmard, S. (2005), temperature change assesment in Mashhad plain as climate change index in the region, *Geographical Research journal*.79, 5-18.

Esmaeili, R., Gandomkar, A., and Ghayoor, H. A. (2011), Zoning of climate change rate base on agriculture approach in future climatic period(case study Khorasan Razavi province. *Geography and Environronmental Planning Journal*. 22th year, Vol. 41, No.1, Spring 2011.

Findell, K. L., and Delworth, T L,(2008), Impact of common sea surface temperature anomalies on global drought and pluvial frequency 23 March 2008 For submission to *Journal of Climate, Special Issue for the Clivar Drought Working Group*.

Foley, J.C. (1957) Drought in Australia, Bureau of Meteorology Bulletin No. 43, Commonwealth of Australia, Melbourne.

Gibbs, W.J. and Maher. J.V., (1967), Rainfall deciles as drought indicators. Bureau of Meteorology Bulletin No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.

Habibi, A. (2007), SPSS software application training, 152 pages.

Hill, R., Griffiths, W. and Judge, G., (2001), *Undergraduate Econometrics (2nd ed.)*, John Wiley & Sons, Inc., USA.

Horridge, M., Madden, J. and Wittwer, G., (2005), The impact of the 2002-2003 drought on Australia, *Journal of Policy modeling*, 27, 285-308.

Ingram, K.T., Roncoli, M.C., Kirshen, P.H., (2002). Opportunities and constraints for farmers of West Africa to use seasonal precipitation forecasts with Burkina Faso as a case study. *Agricultural Systems* 74 (3), 331–349.

IPCC, (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC, (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group II. Climate Change 2007:*

میزان بارش در هر منطقه‌ای ممکن است نسبت به میانگین دراز مدت بارش تغییرات زیادی داشته باشد که در این تحقیق در هر ایستگاه بین ۴۰ درصد آنومالی منفی تا ۴۰ درصد آنومالی مثبت تغییر داشته است.

گندم به عنوان استراتژیک ترین محصول کشاورزی ایران است و کشت دیم این محصول به تغییرات بارندگی حساس است. بنابراین نیاز به تحقیقات بیشتری وجود دارد تا بتوان در آینده عملیات کشاورزی را با تغییرات آب و هوایی سازگار نمود. چه بسا که در شرایط خشکسالی های مداوم دیگر بخش های کشاورزی و یا صنایع وابسته مانند دامداری نیز ممکن است تحت تاثیر قرار بگیرند. در بررسی عملکرد محصولات در این تحقیق فقط عوامل آب و هوایی مورد بررسی قرار گرفته است، در حالی که در واقعیت ممکن است عوامل دیگری نیز وجود داشته باشد که اثر آنها لحاظ نمی شود و لذا نمی توان تفسیر درستی از روابط بین این متغیرها داشت. پیشنهاد می شود علاوه بر عوامل آب و هوایی عوامل محیطی مانند شرایط فیزیکی خاک، عوامل مدیریتی کاشت و نهاده های کشاورزی، عوامل توسعه مانند آبیاری تکمیلی و عوامل اقتصادی و اجتماعی مانند سطح آموزش کشاورزان و بازارهای هدف نیز در ارائه نتایج کاربردی در نظر گرفته شود.

مراجع

Alizadeh, A. (2009), *Principles of applied hydrology*. Emam Reza university Publisher. 870 pages.

Alizadeh, A., Rowshani, A., and bannayan, M., (2010), Study of Rainfall Characteristics for Agronomic Applications (Case study of Mashhad-Chenaran area), *iranian journal of irrigation and drainage*. 1(4), 11-21.

Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., SadeghiLotfabadi, S., and Mohamadian, A. (2010), Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield innortheast of Iran. *Field Crops Research* 118: 105–114

Bannayan, M, Sanjani, S., Alizadeh, A., SadeghiLotfabadi, S., Mohamadian, A., (2010), Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield innortheast of Iran. *Field Crops Research* 118:105–114

Bannayan, M, SadeghiLotfabadi, S., Sanjani, S., Mohamadian, A., and Aghaalikhani, M., (2011), Effects of precipitation and temperature on crop productionvariability in northeast Iran. *International Journal Biometeorol.* 55:387–401,DOI 10.1007/s00484-010-0348-7.

- Porter, J.R., Semenov, M.A., (2005). Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 360 (1463), 2021–2035.
- Rosenzweig, C., Parry, M.L. (1994), Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367, 133–138.
- Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., H.berli, C., Liniger, M., Appenzeller, C., (2004). The role of increasing temperature variability in European summer heat waves. *Nature* 427, 332–336.
- Shahrokhvandi, M. (2006), Sinoptic- Stastical analysis of precipitation and temprature trend in Itan (1951-1997), esfahan university.
- Siva Kumar, M.V.K., Hansen, J., 2007. Climate Prediction and Agriculture. *Advances and Challenges*. Springer, Berlin, pp. 306–309.
- Smith, D. I., Hutchinson, M. F. and McArthur, R. J., (1993), Australian climatic and agricultural drought, *Drought Network News*, University of Nebraska, 5(3), 11-12.
- Soltani E., and Soltani A. (2008), Climate change of Khaorasan. North-East of Iran during 1950-2004. *Research Journal of Environmental Sciences*. 2(5): 316-322.
- Soroosh, M., Gity, F., Sherafat, A.R., Farahani, Kh, and Razaghi, M., (2005), A neural network model for determination of the breakdown voltage for separate absorption and multiplication region avalanche photodiode (SAM-APD). *Second IEEE Conf. on Wireless and Optical Communication Networks*, UAE, pp 173–177
- Stewart, J.I., (1991), Climatic Risk in Crop Production: Models and Management for the Semiarid Tropics and Subtropics. *CAB International*, Wallingford, England, UK, pp. 361–382.
- Wheeler, T.R., Craufurd, P.Q., Ellis, R.H., Porter, J.R., Vara Prasad, P.V., (2000). Temperature variability and the yield of annual crops. *Agric. Ecosys. Environ.* 82, 159–167.
- White, D. H. and Meagher, B. O', (1995), Coping with exceptional draughts in Australia, *Drought Network News*, University of Nebraska, 7(2), 13-17.
- Wimalasuriya, R. Ha, A. Tsafack. E and Larson, K. (2008), Rainfall Variability and its Impact on Dryland Cropping in Victoria. presented at the 52nd Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society (AARES), Canberra,
- Impact, Adaptation and Vulnerability. IPC Working group II, <http://www.ipcc.ch>.
- IWMI, (2005), Understanding droughts, Drought Information Centre, International Water Management Institute, Colombo,.
- Jahady toroghi, M. (1999), Temprature and precipitation change determination of Mashhad city during 1951-1994, *Geographical Research journal*. 54and 55, 151-165.
- Janowiak, J.E. Ropelewski, C.F. and Halpert, M. S. (1986), The Precipitation Anomaly Classification: A Method for Monitoring Regional Precipitation Deficiency and Excess on a Global Scale, *Journal of climate and applied meteorology*.
- Kai-Ming, U and Gang., H. (2010), The Formation of Precipitation Anomaly Patterns during the Developing and Decaying Phases of ENSO. *ATMOSPHERIC AND OCEANIC SCIENCE LETTERS*, 2010, VOL. 3, NO. 1, 25–30
- Khaldari, M. (2011), *Statistical Methods*. Jahad daneshgahi Publisher, Tehran, 862 pages.
- Leckebusch, C.G., Uibrich, U., Frhlich, L., Pinto, J.G., (2007). Property loss potentials for European mid altitude storm in a changing climate. *Geophys. Res. Lett.* 34, 05703.
- Livermore, M., Fischer, G., (2004), Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socioeconomic scenarios. *Global Environ. Change* 14, 53–67.
- Monteith, J.L., (1981). Presidential address to the royal meteorological society. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 107, 749–774.
- Mugulavai, E. M., Kipkorir, E. G., Raes D., Rao M. S. (2008). Analysis of rainfall onset ,cessation and length of growing season for western Kenya. *Agricultural and Forest Meteorology* 148:1123-1135.
- Olesen, J.E., Carter, T.R., Diaz-Ambrona, C.H., Fronzek, S., Heidmann, T., Hickler, T., Holt, T., Minguez, M.I., Morales, P., Palutikof, J.P., Quemada, M., Ruiz-Ramos, M., Rubaek, G.H., Sau, F., Smith, B., Sykes, M.T., (2007). Uncertainties in projected impacts of climate change on European agriculture and terrestrial ecosystems based on scenarios from regional climate models. *Clim. Change* 81, 123–143.
- Parry, M.L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Kumar, V., (1998), An early warning system for agricultural drought in an arid region using limited data. *Journal of Arid Environments* 40 (2), 199–209.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱

Precipitation and Temperature Anomaly in North-East of Iran and its Impact on Rainfed Wheat Productivity

A. Arabi Yazdi,*¹ S.H.Sanaei-Nejad ² and M. Bannayan ³

Abstract

Climate variability is the most effective parameter on crop productivity especially rainfed crops. In this study, the anomaly index was calculated for meteorological elements such as maximum temperature (T_{max}), minimum temperature (T_{min}), precipitation (P) and crop yield (Y) for Razavi Khorasan province in Iran, which is located in arid and semi arid region of the world. Precipitation Anomaly Percentage (PAP) is a traditional drought monitoring index, it shows the precipitation as a percentage of the long-term average or normal. The purpose of this study is finding significant relation between various indexes such as yearly precipitation anomaly (PA) with yearly maximum temperature anomaly ($T_{max} A$) and yearly minimum temperature anomaly ($T_{min} A$) for the period (1989-2005). At first, moving average of 5, years old, were examined for 10 stations. In addition, yearly precipitation anomaly, probability and return period of it were calculated using sigmoid function. Pearson correlation was examined to find relationship between change percent of yearly precipitation anomaly (PAP), yearly minimum ($T_{min} AP$), maximum temperature anomaly ($T_{max} AP$) and yearly rainfed crop yield anomaly of wheat (YAP). Multiple linear regression was calculated between YAP (as dependent parameter) and climate variability (independent parameter). Sarakhs, Ghuchan and Mashhad had significant correlation ($P < 0.05$) 0.63, 0.55 and 0.54 respectively. In other station, no relation found between PAP and YAP. A significant relation between $T_{max} AP$ and YAP was obtained in Mashhad ($P < 0.05$, $r = -0.48$) and $T_{min} AP$ and YAP was found only in Ghuchan ($r = 0.56$).

Keywords: Climate variability, Pearson correlation coefficient, multiple linear regression

Received: 8-11-2013

Accepted: 1-20-2014

1- Ph. D student of Agricultural Meteorology and Associate Professor Ferdowsi University of Mashhad

(*Corresponding Author Email: arabiyazdi@stu.um.ac.ir)

2- Associate Professor of Ferdowsi University of Mashhad