

صص ۳۳-۴۶

تغییر پذیری سطح کشت محصولات کشاورزی (گندم و جو) در شرایط اقلیمی گذشته و آینده (مطالعه موردی: شهرستان ایذه)

قاسم کیخسروی*

استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

نعمت ا... حسینی نیا

دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۱۴

چکیده

یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در جهان امروز بحث در خصوص تغییرات آب‌وهوایی و پیامدهای ناشی از این پدیده است. در این پژوهش جهت بررسی سطح کشت گندم و جو در شرایط اقلیمی گذشته و آینده، ابتدا داده‌های بارش، متوسط دما، دمای کمینه و بیشینه در دوره آماری (۲۰۱۸-۱۹۹۸) از سازمان هواشناسی دریافت شد. جهت بررسی روند تغییرات عناصر هواشناسی از آزمون من کندال استفاده شد بعد از آن تقویم کشت به کمک شاخص NDVI از تصاویر لندست ۸ استخراج و سپس با استفاده از تصاویر سنجنده Tm، Etm، Oli و Sentinel-1 در محیط سامانه گوگل ارث انجین با محاسبه شاخص NDVI ماهانه و انجام فرایند طبقه‌بندی SVM مساحت سطح کشت محصولات در سال‌های مختلف برآورد گردید. در نهایت به منظور اعمال شبیه‌سازی و پیش‌بینی عناصر هواشناسی تا سال ۲۰۴۰ از مدل SDSM و سناریوهای انتشار استفاده گردید. نتیجه‌گیری: بر اساس تقویم کشت گندم و جو، کشت این محصولات در شهرستان ایذه از دی‌ماه شروع و در ماه فروردین به اوج سبزی‌نگی و رشد خود می‌رسند و در نهایت از خردادماه محصول از سطح زمین‌های زراعی برداشت می‌گردد. در شهرستان ایذه بین بارش و سطح کشت تقریباً رابطه مستقیمی وجود دارد با افزایش بارش سطح زیر کشت افزایش پیدا می‌کند. با افزایش دماها از میزان سطح کشت تا حدودی کاسته می‌شود. در شرایط اقلیم آینده هر سه سناریو افزایش دمای کمینه و بیشینه را تا سال ۲۰۴۰ به میزان ۰.۷ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی کرده‌اند. در شرایط بارشی اقلیم گذشته در دو دهه مساحت سطح کشت حدود ۷.۴ کیلومترمربع و در شرایط اقلیم آینده حدود ۱۱.۴ تا ۱۵ کیلومترمربع کاهش می‌یابد؛ یعنی سطح زیر کشت ۸ کیلومترمربع در هر دهه کاهش یافته است.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، منابع آب، محصولات کشاورزی، آزمون من کندال، شاخص Ndpi

مقدمه

یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در جهان امروز بحث در خصوص تغییرات آب‌وهوایی و پیامدهای ناشی از این پدیده است. پیش‌بینی می‌شود متوسط دمای جهان طی دوره‌های ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ بین ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد

(محمدی و همکاران به نقل از هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم ۲۰۰۰)؛ با وجود تمامی پیشرفت‌های علمی و فن‌آوری در زمینه افزایش عملکرد و تولید محصولات زراعی، کشاورزی به‌شدت به آب‌وهوا و اقلیم وابسته است (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۵). در برخی نواحی بدون شک کاهش محصول ناشی از کاهش بارش یا افزایش تبخیر است که نشانه‌ای از تغییر اقلیم است (عزیزی، ۱۳۸۳). (آلتر^۱ و همکاران، ۲۰۱۸) (چن^۲ و همکاران، ۲۰۱۶) (فالکو^۳ و همکاران، ۲۰۱۸) (گانو^۴ و همکاران، ۲۰۱۶) (باچه^۵ و همکاران، ۲۰۱۶) (کروست^۶ و همکاران، ۲۰۱۸) (پاتاک^۷ و همکاران، ۲۰۱۸) (کریمی و همکاران، ۲۰۱۸) (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳) (موسوی و همکاران، ۲۰۱۹) به بررسی اثرات تغییر اقلیم در کشاورزی پرداختند، نتایج نشان داد تغییر اقلیم باعث کاهش محصولات کشاورزی، تغییر الگوی کشت، افزایش دما، کاهش بارندگی و کاهش امنیت غذای گردید. (بتول^۸ و همکاران، ۲۰۱۹) به بررسی تأثیر تغییرات بارش بر بهره‌وری محصول و تغییرات الگوی کشت در رشته‌کوه‌های هیمالیا واقع در شمال غرب هیمالیا پرداخته‌اند نتایج نشان داد که بارش روند کاهشی را از چند دهه گذشته داشته و منجر به تغییر در محصول و الگوی کشت در منطقه شده است. در سال‌های اخیر برای بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی و پیش‌بینی آن نرم‌افزارهای زیادی ارائه شده که با کمک آن‌ها می‌توان وضعیت تغییر اقلیم را در یک منطقه مشخص و راهکارهای لازم برای مقابله با آن را اتخاذ کرد. (شاهواری و همکاران ۲۰۱۹) در این پژوهش اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب را با استفاده از مدل‌های ارزیابی خاک و آب (SWAT^۹) ارزیابی کرد. (گودرزی و همکاران، ۲۰۱۱) به بررسی تغییرات آب‌وهوایی با استفاده از روش ریزمقیاس گردانی آماری SDSM تحت سناریوهای A2 و B2 در کرمانشاه پرداختند. مقایسه بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده نشان داد که SDSM قادر به نشان دادن بهتر شبیه‌سازی حداقل و حداکثر درجه حرارت است. (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۴) به بررسی کارایی الگوی ریزمقیاس نمایی آماری SDSM و LARS-WG^{۱۰} پرداختند؛ و نتایج کلی نشان داد الگوی SDSM در دو ایستگاه بررسی شده، برای کمینه و بیشینه دمای روزانه عملکرد بهتری نسبت به الگوی LARS-WG دارد؛ درحالی‌که برای بارش روزانه نتایج عملکرد دو الگو تا حدودی در دو ایستگاه مشابه بود. (دیل^{۱۱} و همکاران ۲۰۱۳) به بررسی پاسخ هیدرولوژیکی به تغییر آب‌وهوا پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که میانگین بارندگی سالانه ممکن است در دوره ۳۰ ساله اول کاهش یابد اما در دو دوره ۳۰ ساله بعدی افزایش یابد. (طائی سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۳) به پیش‌بینی و شبیه‌سازی داده‌ها با استفاده از SDSM پرداختند. نتایج نشان داد که متوسط دما، کمینه و بیشینه دما نسبت به دوره پایه در حوضه

¹Alter

²Chen

³Falco

⁴Gao

⁵Basche

⁶Crost

⁷Pathak

⁸Batool

⁹Soil & Water Assessment Tool

¹⁰LARS-WG is a model simulating time-series of daily weather at a single site

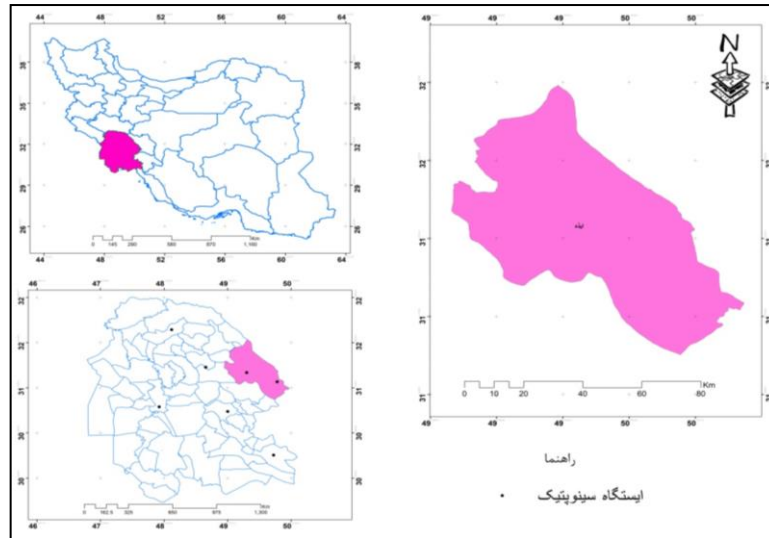
¹¹Dile

مورد مطالعه افزایش پیدا کرده و همچنین مقدار بارش نسبت به دوره پایه کاهش می‌یابد. (صمدی نقاب و همکاران، ۱۳۹۰) با استفاده از SDSM برای بررسی و پیش‌بینی داده‌های بارش و دما نتایج نشان داد که مدل SDSM جهت بهینه‌سازی داده‌های آینده در مقیاس ایستگاهی می‌تواند به صورت قابل قبول مورد استفاده قرار گیرد. (آبکار و همکاران، ۱۳۹۳) به بررسی میزان کارایی مدل SDSM در شبیه‌سازی شاخص دمایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک پرداختند، نتایج نشان داد مدل SDSM توانایی لازم جهت شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی را دارد. (عساکره و کیانی، ۱۳۹۷) به ارزیابی کارایی مدل SDSM در شبیه‌سازی میانگین دمایی در کرمانشاه پرداخته‌اند که نتایج گویای این موضوع است که هر چه طول دوره آماری بیشتر باشد پیش‌بینی مدل بهتر و در غیر این صورت عکس این قضیه رخ می‌دهد. استان خوزستان حدود ۴ درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. از اصلی‌ترین امکانات و قابلیت‌های توسعه استان خوزستان که می‌توان به آن اشاره کرد، جاری بودن بخش عظیمی از آب‌های سطحی کشور و وجود رودخانه‌های پرآب و دائمی در آن و برخورداری از سدهای عظیم و متعدد احداث شده یا در حال احداث در مناطق مختلف استان و امکان استفاده چند منظوره از آن‌ها به منظور توسعه بخش‌های کشاورزی، شیلات، انرژی و تأمین آب شرب است. یکی از بخش‌های استان خوزستان شهرستان ایذه است که در سمت شمال شرقی این استان و هم‌مرز با استان چهارمحال بختیاری است که این عامل باعث شده است این بخش از استان تحت تأثیر اقلیم استان چهارمحال قرار گیرد و از اقلیم مطبوع‌تر نسبت به دیگر بخش‌های خوزستان باشد. شهرستان ایذه از محصولات کشاورزی متنوعی مانند گندم، جو، شبدر، کلزا، ماش و ... برخوردار است. هدف از این پژوهش بررسی محصول گندم و جو در بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۸ است. دلیل انتخاب این محصول این است که گندم و جو بیشتر و وسیع‌تر از دیگر محصولات کشت می‌شود و دلیل دیگر نیز نزدیکی کشت محصول به پهنه‌های آبی دائمی و فصلی در این شهرستان است.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

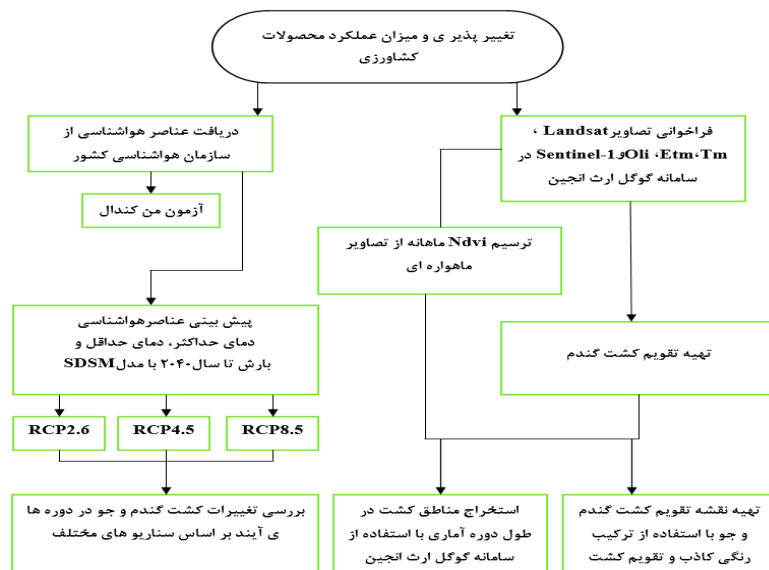
ایذه با ۳۱ و ۵۰ درجه عرض شمالی و ۴۹ و ۵۲ درجه طول شرقی در منتهی‌الیه شمال شرقی استان خوزستان واقع است و با ۷۶۰ متر ارتفاع متوسط، از مرتفع‌ترین شهرهای خوزستان به شمار می‌رود. مساحت شهرستان ایذه ۳۸۶۳ کیلومترمربع است. این شهرستان دارای دو بخش، ۱۰ دهستان و ۴۹۱ آبادی مسکونی است. شهرستان ایذه نسبت به دشت اصلی خوزستان از ساختاری کاملاً متفاوت برخوردار است و از دو قسمت دشتی و کوهستانی تشکیل شده است. شکل (۱) موقعیت شهرستان ایذه را نشان می‌دهد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت شهر ایذه در ایران و استان خوزستان

در این پژوهش جهت بررسی الگوی کشت گندم و جو در شرایط اقلیمی گذشته و آینده، ابتدا داده‌های بارش، متوسط دما، دمای کمینه و بیشینه در دوره آماری (۱۹۹۸-۲۰۱۸) از سازمان هواشناسی دریافت شد. جهت بررسی روند تغییرات عناصر هواشناسی از آزمون من کندال استفاده شد. بعد از آن جهت ترسیم تقویم کشت در قطعات زمینی که سال ۲۰۱۷ به زیر کشت گندم و جو رفته بودند، شاخص NDVI ماهانه در محیط سامانه گوگل ارث انجین بر روی تصاویر Tm، Etm، Sentinel-1 و OLI پیاده سازی شد، بعد از آن با انجام فرایند طبقه‌بندی SVM و اعمال نمونه‌های آموزشی و محاسبه ضریب کاپا مساحت سطح کشت محصولات در سال‌های مختلف برآورد گردید. در نهایت به منظور اعمال شبیه‌سازی و پیش‌بینی عناصر هواشناسی دما و بارش تا سال ۲۰۴۰ از مدل SDSM و سناریوهای انتشار RCP4.5، RCP2.6، RCP8.5 و hadcm3.b1 استفاده شد. شکل (۲) فلوچارت مراحل پژوهش را نشان می‌دهد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: فلوچارت مراحل پژوهش

یافته‌های پژوهش

تعیین روند عناصر هواشناسی

در این پژوهش برای بررسی روند تغییرات عناصر اقلیمی از آزمون من کندال استفاده شده است. این آزمون ابتدا توسط من ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت. از نقاط قوت این آزمون می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی اشاره کرد که از توزیع خاصی پیروی نمی‌کنند. همچنین اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در بعضی سری‌های زمانی مشاهده می‌شود از دیگر مزایای استفاده از این روش است، لذا با توجه به توانمندی‌هایی که این آزمون در آشکارسازی تغییرات رخ داده در سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی دارا است، بسیار مورد توجه پژوهشگران حوزه‌های مطالعاتی تغییر اقلیم بوده است. آزمون من کندال فرض صفر عدم وجود روند در سری‌های زمانی را بررسی می‌کند. در این راستا نقاط تغییر ناگهانی را هم شناسایی می‌کند.

برای آزمون فرض صفر عدم وجود روند، آماره کندال (t) بر اساس فرمول (۱) محاسبه می‌شود:

$$t = \frac{4\sum H}{N(N-1)} - 1 \quad (1)$$

که در آن $\sum H$ فراوانی تجمعی تعداد رتبه‌هایی است که بالاتر از هر ردیف قرار می‌گیرند و N تعداد سال‌های دوره آماری است که در این پژوهش ۱۹ سال است. آماره استاندارد کندال (T)، از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$t_0 = \pm tg \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (2)$$

در این فرمول Tg سطح معنی‌داری اطمینان آزمون است. حال با توجه به مقدار به دست آمده، سه حالت زیر برقرار خواهد شد:

- اگر $t > +0.21$ باشد، روند معنی‌داری در سری‌های زمانی مشاهده نمی‌شود؛

- اگر $t < -0.21$ باشد، روند معنی‌دار منفی در سری‌های زمانی مشاهده می‌گردد؛

- اگر $t > +0.21$ باشد، روند معنی‌دار مثبت در سری‌های زمانی مشاهده می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴).

روند تغییرات بارش در ایستگاه‌های (جدول ۱) به گونه‌ای است که تمام ایستگاه‌ها از روند معنی‌داری مثبت برخوردار هستند، این روند برای دما در ایستگاه‌های (اهواز، مسجدسلیمان و شوشتر) معنی‌دار نیست ولی در ایستگاه‌های (ایذه، دهدز و رامهرمز) از روند معنی‌داری برخوردار هستند. روند تغییرات سرعت باد نیز نمایانگر این موضوع است که دهدز و رامهرمز از روند معنی‌داری برخوردار نیستند و بقیه ایستگاه‌ها روند معنی‌داری آزمون را نشان می‌دهند. روند تغییرات کمینه دما به گونه‌ای است که به غیر از دهدز بقیه ایستگاه‌ها معنی‌دار هستند و در نهایت بیشینه دمای همه ایستگاه‌ها به غیر از دهدز روند معنی‌داری را نشان نمی‌دهد و عکس کمینه دما است. با توجه به موارد ذکر شده می‌توان چنین گفت که داده‌های بارش، دما، سرعت باد و کمینه دما تا حدودی از روند معنی‌داری برخوردار هستند ولی بیشینه دما از این روند پیروی نمی‌کند و دلیل این امر می‌تواند این موضوع باشد که این شهرها در استان خوزستان قرار دارند که دارای آب‌وهوای بسیار گرم است و تأثیر این موضوع می‌تواند بر نتایج به دست آمده از این آزمون تأثیرگذار باشد.

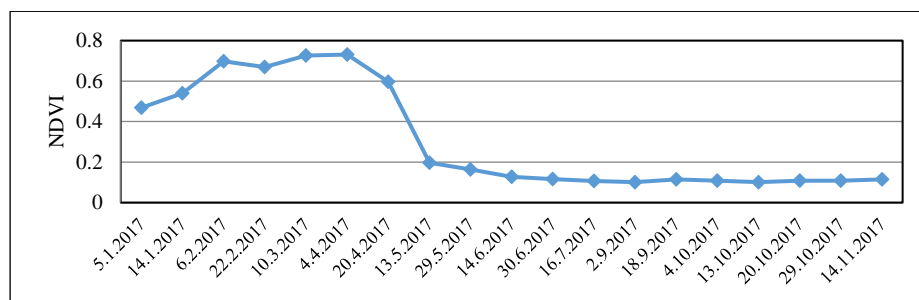
جدول ۱: مقادیر ضریب من کندال ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	بارش	دما	سرعت باد	کمینه دما	پیشینه دما
ایذه	-۰,۰۵	۰,۱۹	-۰,۰۵	۰,۰۷	۰,۲۹
اهواز	-۰,۰۱	۰,۲۳	-۰,۱۴	۰,۰۷	۰,۲۲
دهدز	۰,۱۳	۰,۱۸	۰,۳۷	۰,۲۴	۰,۱۹
رامهرمز	-۰,۰۴	۰,۲۰	۰,۲۲	۰,۱۷	۰,۳۰
مسجدسلیمان	۰,۰۱	۰,۲۵	-۰,۰۱	۰,۰۷	۰,۳۰
شوشتر	۰,۰۰	۰,۲۲	-۰,۰۸	۰,۱۵	۰,۲۵

مأخذ: نگارندگان

استخراج الگوی تقویم کشت گندم بر اساس سری‌های زمانی NDVI

تعیین زمان کاشت و برداشت محصول، اصلی‌ترین عامل برای کشت و توسعه یک محصول است. برای تقویم کشت شرایط اقلیمی اصلی‌ترین عامل محسوب می‌شود که در این بین عوامل بارشی و دمایی از نقش بسزایی برخوردار هستند. در جهت ترسیم تقویم کشت در این مطالعه ابتدا تصاویر NDVI ماهانه سنجنده OLI لندست ۸ با اعمال برنامه‌نویسی در محیط سامانه گوگل ارث انجین برای سال ۲۰۱۷ ترسیم شد. سپس موقعیت دو منطقه‌ای که در سال ۲۰۱۷ به زیر کشت رفته بود به‌عنوان نمونه آموزشی برای روی تصاویر NDVI مشخص و در نهایت تقویم کشت محصول زراعی در طول سال مشخص گردید. شکل (۳) مراحل رشد گندم و جو در سطح منطقه را در طول یک سال نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار کشت‌های گندم و جو در منطقه ایذه از اواخر آذر و اوایل دی‌ماه شروع و در ماه‌های اسفند و فروردین به اوج سبزیگی و رشد خود می‌رسند و در نهایت از اواخر اردیبهشت و اوایل خردادماه محصول از سطح زمین‌های زراعی برداشت می‌گردد.



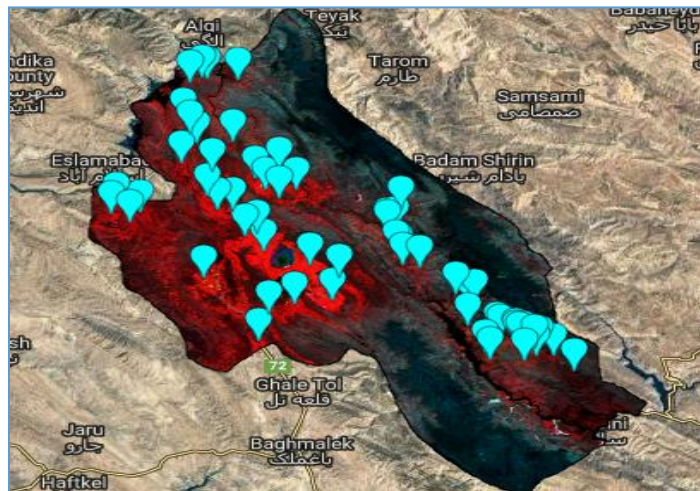
مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: تقویم کشت گندم و جو در شهرستان ایذه در طول سال ۲۰۱۷

استخراج مساحت کشت از روی تصاویر ماهواره‌ای

به‌منظور بررسی مساحت کشت ابتدا تصاویر Landsat، Tm، Etm، OLI و Sentinel-1 در فاصله سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۸ در محیط سامانه گوگل ارث انجین فراخوانی شد. سپس برای تمامی تصاویر در هر سال به تفکیک ماهانه شاخص

NDVI محاسبه گردید در نهایت تمامی داده‌های رستری مورد نیاز برای انجام فرایند طبقه‌بندی SVM فراخوانی و در یک مجموعه داده واحد گردآوری شدند، با توجه به تقویم کشت، نقشه ترکیب رنگی کاذب بر هر یک از سال‌ها تهیه گردید (در ماه مارس تقریباً زمین‌های کشت گندم و جو از بیشترین و در ماه‌های تیر و مرداد از کمترین NDVI برخوردار هستند) و بعد از آن مبادرت به تعیین نمونه‌های آموزشی برای تهیه نقشه مساحت کشت در طی دوره آماری گردید (شکل ۴) و در نهایت با محاسبه ضریب کاپا، اگر کاپا برابر با ۱۰۰ درصد شود به معنی یک طبقه‌بندی کاملاً صحیح بر اساس نمونه‌های گرفته شده است. مقادیر بین ۰ تا ۱۰۰ هر یکی سطح معینی را به نسبت این طبقه‌بندی (کاملاً صحیح) نشان می‌دهند و مقادیر منفی نشان‌دهنده بسیار بد طبقه‌بندی است) میزان تطابق بین نتایج طبقه‌بندی و واقعیت زمینی بررسی شد. بر اساس جدول (۲) در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۸ مساحت سطح کشت بین ۳۲۴ تا ۱۰۸۶ کیلومترمربع متغیر است، سال ۲۰۰۸ کمترین و سال ۲۰۰۹ بالاترین مساحت سطح کشت را به خود اختصاص می‌دهند. به‌طور کلی میزان سطح کشت نسبت به سال‌های اولیه دوره آماری دارای روند نزولی است به‌طوری که این روند از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۸ شدت می‌یابد (شکل ۵).



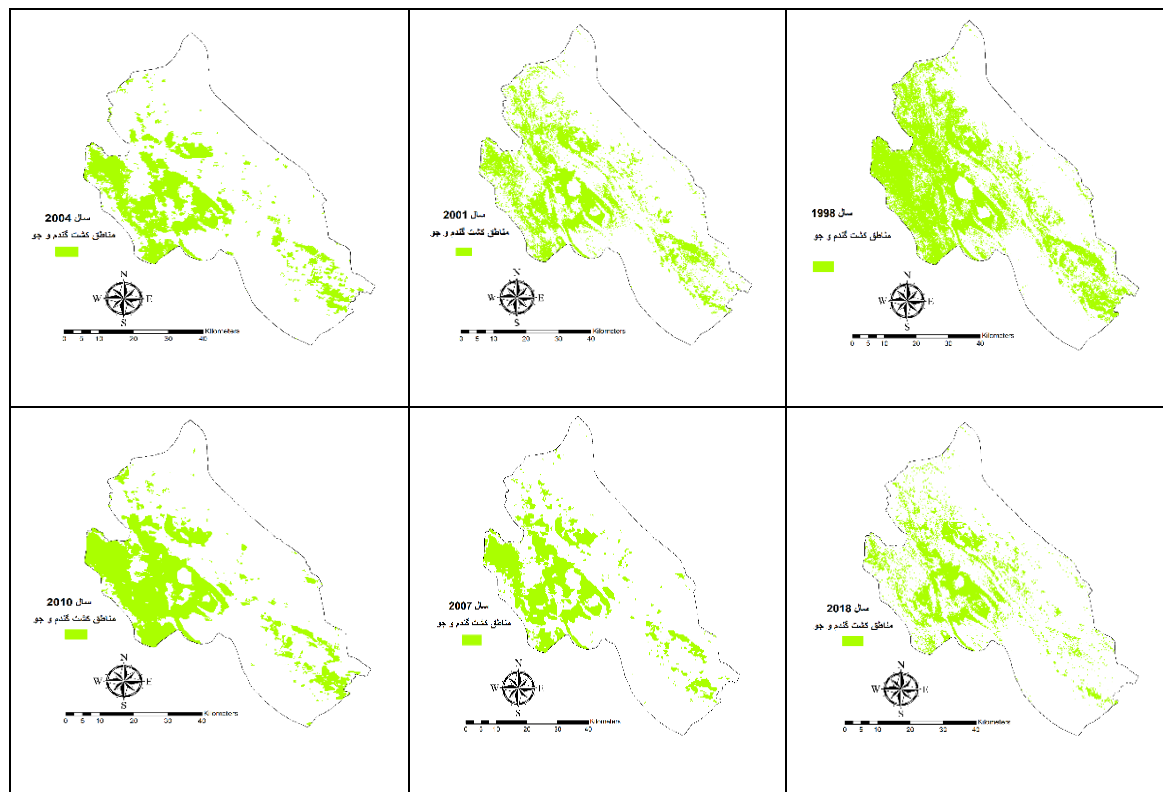
مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: برداشت نمونه‌های آموزشی کلاس‌های گندم و جو بر اساس شاخص NDVI و ترکیب رنگی کاذب

جدول ۲: مساحت کشت و ضریب کاپا محاسبه شده در فاصله زمان‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸

سال	مساحت	ضریب
۱۹۹۸	۷۰۲	۰/۹۱
۱۹۹۹	۵۳۴	۰/۹۳
۲۰۰۰	۳۲۸	۰/۷۹
۲۰۰۱	۵۱۳	۰/۸۶
۲۰۰۲	۴۷۳	۰/۹۷
۲۰۰۳	۳۷۳	۰/۷۹
۲۰۰۴	۶۷۳	۰/۹۳
۲۰۰۵	۱۰۶۹	۰/۹۶
۲۰۰۶	۹۴۶	۰/۹۰
۲۰۰۷	۶۷۱	۰/۷۲
۲۰۰۸	۳۳۱	۰/۸۷
۲۰۰۹	۱۰۸۶	۰/۹۲
۲۰۱۰	۵۰۶	۰/۵۷
۲۰۱۱	۸۳۵	۰/۹۶
۲۰۱۲	۷۶۲	۰/۹۴
۲۰۱۳	۵۶۰	۰/۹۷
۲۰۱۴	۳۸۲	۰/۹۷
۲۰۱۵	۵۲۷	۰/۷۷
۲۰۱۶	۴۶۰	۰/۹۴
۲۰۱۷	۴۰۲	۰/۹۵
۲۰۱۸	۴۳۲	۰/۹۳

مأخذ: نگارندگان

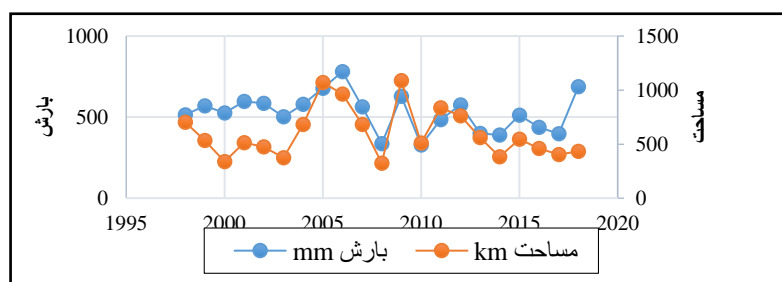


مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: مساحت کشت گندم و جو در فاصله زمان‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸

بررسی عناصر هواشناسی با مساحت کشت

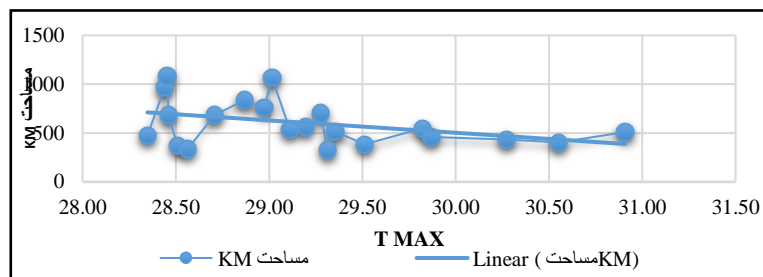
نوسانات بارشی، الگوهای بارندگی، رژیم‌های دمایی محدودیت‌هایی برای کشت گیاهان زراعی ایجاد می‌کنند. چرا که عمده فعالیت‌های زراعی در جستجوی روابط بین آب‌وهوا و مقدار محصول اختصاص می‌یابد. جهت بررسی و میزان تأثیرگذاری عناصر هواشناسی بر میزان کشت گندم و جو در طول دوره آماری موردنظر، رابطه بین عناصر هواشناسی همچون بارش، متوسط دما و دمای حداکثر با سطح کشت برآورد شده از تصاویر ماهواره‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. شکل (۶) رابطه بین بارش سالانه و مساحت کشت در شهرستان ایزه را نشان می‌دهد. بین بارش و سطح کشت تقریباً رابطه مستقیمی وجود دارد با افزایش بارش بر میزان مساحت کشت افزوده و بالعکس با کاهش بارش از میزان مساحت کشت کاسته می‌شود.



مأخذ: نگارندگان

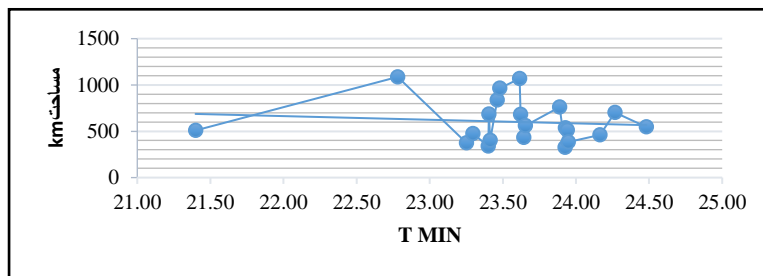
شکل ۶: رابطه بین بارش و مساحت کشت

در میان پارامترهای اقلیمی رژیم حرارتی بیشترین تأثیر را بر روی نمو گیاه و مراحل مختلف دارد. رشد رویشی گندم و جو در دماهای حداکثر خطر سوختگی را افزایش می‌دهد و بر میزان عملکرد کشت تأثیر منفی می‌گذارد. رابطه بین دمای حداکثر و مساحت کشت در شهرستان ایذه بدین صورت است که هر چه به سمت دماهای زیادتر حرکت می‌کنیم از مساحت کشت کمتر می‌شود، بیشترین مساحت‌های زیر کشت شهرستان در زمان‌های اتفاق افتاده است که دمای حداکثری بین ۲۸,۲۵ تا ۲۹,۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشته است و کمترین مساحت کشت نیز از دماهای ۳۰ درجه به بالا اتفاق افتاده است (شکل ۷). در بررسی رابطه بین متوسط دما و سطح کشت نیز رابطه معنی‌داری مشاهده نمی‌شود اما در کل با افزایش متوسط دما تا حدی از مساحت سطح کشت‌ها کاسته می‌شود. بهترین دما که در آن مساحت بیشتری زیر کشت گندم و جو رفته دمای بین ۲۳,۲۵ تا ۲۳,۷۵ است که مقدار قابل توجهی از زمین‌های قابل کشت به زیر کشت محصولات گندم و جو رفته است (شکل ۸).



مآخذ: نگارندگان

شکل ۷: رابطه بین دمای حداکثر و مساحت کشت

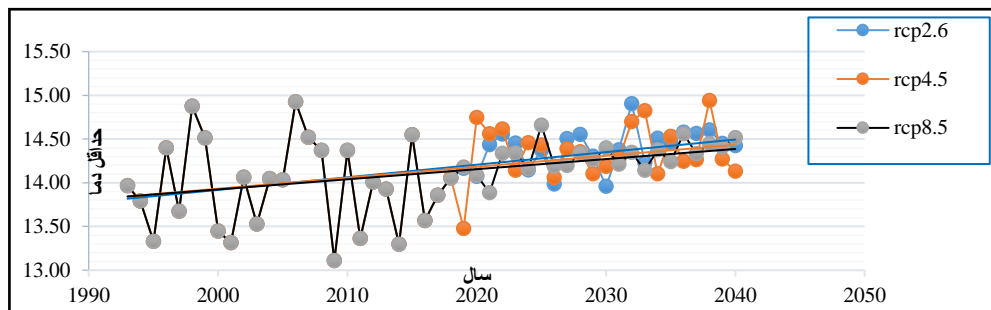


مآخذ: نگارندگان

شکل ۸: رابطه بین مساحت کشت با دمای میانگین پیش‌بینی حداقل‌ها و حداکثرهای دما

برای پیش‌بینی دماهای حداقل و حداکثر در این پژوهش از مدل SDSM استفاده شده است. بدین صورت که با وارد کردن داده‌های مشاهداتی که از سازمان هواشناسی دریافت شده است به مدل و پردازش‌های مورد نظر به تولید داده‌های آینده می‌پردازد که می‌توان از این داده‌ها برای پیش‌بینی اقلیم آینده استفاده و برنامه‌ریزی و مدیریت‌های لازم را برای شهرستان اتخاذ کرد. از این مدل سه سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 قابل استخراج است. با توجه به دریافت داده‌های گذشته از طریق سه سناریوی ذکر شده ما به بررسی اقلیم آینده پرداخته که نتایج این بررسی در (شکل‌های ۹ و ۱۰) آمده است. به‌طور کلی هر سه سناریو افزایش دما را تا سال ۲۰۴۰ به میزان ۰/۵ درجه سانتی‌گراد را پیش‌بینی

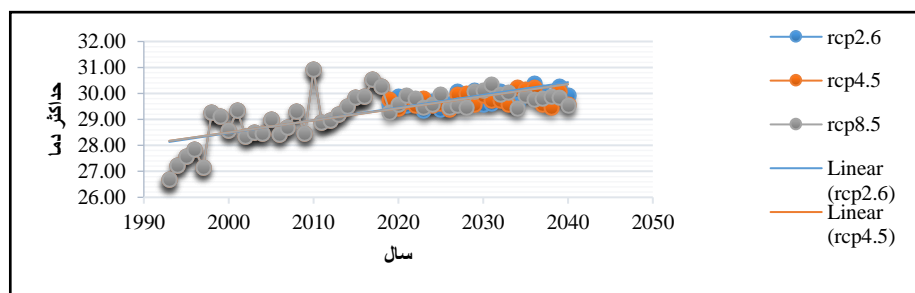
کرده‌اند. ولی روند افزایش دما در RCP8.5 تا سال ۲۰۴۰ خیلی ضعیف‌تر از دو سناریوی دیگر است. برای حداقل دما RCP4.5 و RCP2.6 پیش‌بینی‌های نزدیک‌تری از وضعیت گرمایش و تغییر اقلیم را نشان می‌دهند.



مآخذ: نگارندگان

شکل ۹: پیش‌بینی حداقل‌های دمای از سال ۲۰۱۹-۲۰۴۰ تحت سه سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5

در شهرستان ایذه حداکثرهای دمای افزایش دما را برای دو دهه تحت سه سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به مقدار ۱ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی کرده‌اند، یعنی به ازای هر دهه ۰/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش دمای حداکثر را تجربه می‌کنیم که این مقدار برای حداقل‌های دما، ۰،۲۵ درجه سانتی‌گراد بوده. به نظر می‌رسد RCP2.6 و RCP4.5 با توجه به شرایط منطقه پیش‌بینی‌های نزدیک‌تری نسبت به RCP8.5 داشته‌اند بدین صورت که روند افزایش دما در این دو سناریو از یکدیگر تبعیت می‌کند. در صورتی که با RCP8.5 تفاوت‌های را می‌توان مشاهده کرد (شکل ۱۰). به‌طور کلی دماهای حداقل و دماهای حداکثر طبق سناریوهای ذکر شده در دهه‌های آینده افزایش ۰،۷ درجه سانتی‌گراد دما را تجربه خواهند کرد که این افزایش دما همان‌طور که در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ قابل مشاهده است باعث کاهش سطح زیر کشت محصولات زراعی گندم و جو می‌شود که این امر می‌تواند در بلند مدت زیان‌های اقتصادی و اجتماعی زیادی را بر ساکنین شهرستان وارد کند.



مآخذ: نگارندگان

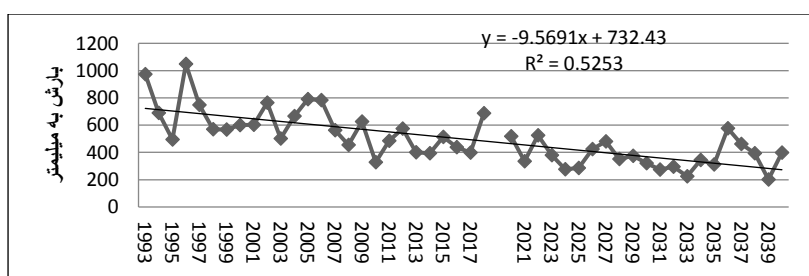
شکل ۱۰: پیش‌بینی حداکثرهای دما، از سال ۲۰۱۹-۲۰۴۰ تحت سه سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5

بعد از رابطه بندی برخی از پارامترهای اقلیمی با مساحت زیر سطح کشت با توجه به داده‌های پایه یا مشاهداتی (۱۹۹۸-۲۰۱۸) و همچنین داده‌های پیش‌بینی شده (۲۰۱۹-۲۰۴۰) به بررسی وضعیت مساحت زیر سطح کشت با

استفاده از رابطه بین مساحت کشت (دوره پایه) و دماهای حداقل و حداکثر (دماهای مشاهداتی و پیش‌بینی شده) اقدام شد. با بررسی داده‌های دمای حداکثر و مساحت کشت در دو دهه اول (۱۹۹۸-۲۰۰۸ و ۲۰۱۸-۲۰۰۹) شاهد افزایش دمای حداکثر در حدود ۰/۸ درجه سانتی‌گراد هستیم به همان نسبت نیز سطح زیر کشت ۷/۴۵ کیلومترمربع کاهش یافته است.

پیش‌بینی میزان بارش

توزیع میانگین بارندگی سالانه، معیار قابل اطمینانی برای تعیین محل‌های احتمالی کشت گیاهان زراعی به حساب می‌رود. جهت پیش‌بینی بارش از سناریو hadcm3.b1 استفاده شد. بر اساس این سناریو جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ به اوج خواهد رسید و پس از آن کاهش خواهد یافت و در پی آن فناوری‌های کاراتر و جدید معرفی خواهند شد. در این سناریو تأکیدی محکم بر راه‌حل‌های جهانی برای پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی و دستیابی به تساوی حقوق بیشتر بین جوامع مطرح می‌شود. بر اساس این سناریو میزان بارش ایستگاه ایذه در سال ۲۰۴۰ میلادی با روند معنی‌داری در حال کاهش است. به طوری که در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰ متوسط بارش به ۳۹۵/۰۶ میلی‌متر و در سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۴۰ به ۳۴۶/۳۱ میلی‌متر می‌رسد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۱: پیش‌بینی بارش ایستگاه ایذه تا سال ۲۰۴۰ میلادی بر اساس سناریو hadcm3.b1

با بررسی دماهای حداکثر در دهه‌های سوم و چهارم از داده‌های پیش‌بینی شده تحت سه سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5، نتایج نشان داد دماهای حداکثر در دهه سوم نسبت به دهه دوم تغییرات خیلی کمی را داشته است ولی دهه چهارم نسبت به دهه سوم افزایش ۰/۲۵ درجه قابل‌مشاهده است که این مقدار افزایش باعث کاهش سطح زیر کشت محصولات را در حدود ۲ کیلومترمربع خواهد داشت که به‌طور کلی این تغییرات بسیار جزئی است. همانند دماهای حداکثر در دماهای حداقل نیز تغییرات بسیار جزئی است و تفاوت دهه اول و دوم ۰/۴ درجه است که این مقدار طبق سناریوهای ذکر شده به ۰/۱۲ درجه تقلیل یافته است. برای اینکه بتوان نتیجه‌گیری بهتری داشته باشیم به بررسی رابطه بین مقدار بارندگی و مساحت زیر کشت محصولات پرداخته شد که نتایج برای دو دهه اول (۱۹۹۸-۲۰۰۸) و دوم (۲۰۰۹-۲۰۱۸) نشان‌دهنده کاهش ۸۷،۱۸ میلی‌متری بارش را نشان می‌دهد و اختلاف مساحت زیر کشت در دو

دهه حدود ۷,۴۵ کیلومترمربع کاهش یافته است؛ یعنی به ازای هر ۱۱,۴ میلی‌متر کمبود بارش مساحت زیر سطح کشت به مقدار یک کیلومتر کاهش یافته است. با بررسی داده‌های بارش در دهه‌های سوم و چهارم از داده‌های پیش‌بینی شده تحت سناریو hadcm3.b1 نتایج نشان می‌دهد متوسط بارش دهه سوم (۲۰۲۰-۲۰۳۰) حدود ۳۹۵/۰۶ میلی‌متر است که نسبت به دهه دوم حدود ۱۳۹ میلی‌متر کاهش بارش مشاهده می‌شود. در دهه چهارم (۲۰۳۰-۲۰۴۰) متوسط بارش کاهش می‌یابد و به ۳۴۶/۳۱ میلی‌متر می‌رسد؛ بنابراین متناسب با کاهش بارش مساحت سطح کشت نیز در دهه سوم حدود ۱۱/۴۵ و در دهه چهارم حدود ۱۵ کیلومترمربع کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

در جهان امروز تغییرات اقلیمی و پیامدهای ناشی از آن نگاه‌ها را به خود معطوف کرده بدین صورت که این تغییرات بر زندگی انسان، حیوانات و محیط‌زیست تأثیر گذاشته است. در این پژوهش جهت بررسی الگوی کشت گندم و جو در شرایط اقلیمی گذشته و آینده، ابتدا داده‌های بارش، متوسط دما، دمای کمینه و بیشینه در دوره آماری (۱۹۹۸-۲۰۱۸) از سازمان هواشناسی دریافت گردید. جهت بررسی روند تغییرات عناصر هواشناسی از آزمون من کندال استفاده شد بعد از آن تقویم کشت به کمک شاخص NDVI از تصاویر لندست ۸ استخراج و سپس با استفاده تصاویر سنجنده Tm، Etm، Oli و Sentinel-1 در محیط سامانه گوگل ارث انجین با محاسبه شاخص NDVI ماهانه و انجام فرایند طبقه‌بندی SVM و اعمال نمونه‌های آموزشی و محاسبه ضریب کاپا مساحت سطح کشت محصولات در سال‌های مختلف برآورد گردید. در نهایت به منظور اعمال شبیه‌سازی و پیش‌بینی عناصر هواشناسی تا سال ۲۰۴۰ از مدل SDSM و سناریوهای انتشار RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 استفاده گردید. برای بررسی روند تغییرات عناصر اقلیمی شهرستان ایزه از آزمون من کندال استفاده شد، روند تغییرات عناصر اقلیمی در این آزمون به گونه‌ای است که همه عناصر، به غیر از بیشینه دما از روند معنی‌داری برخوردار هستند. (معروف نژاد و قاسمی ۱۳۹۶) نیز برای بررسی روند تغییرات از روش من کندال استفاده کردند. بر اساس تقویم کشت گندم و جو، کشت این محصولات در شهرستان ایزه از دی‌ماه شروع و در ماه فروردین به اوج سبزی‌نگی و رشد خود می‌رسند و در نهایت از خردادماه محصول از سطح زمین‌های زراعی برداشت می‌گردد. با توجه به سری زمانی (۱۹۹۸-۲۰۱۸) مساحت سطح زیر کشت در سال ۲۰۰۸ کمترین و در سال ۲۰۰۹ بیشترین مساحت سطح کشت را داشته‌اند. نتایج نشان داد با افزایش مقدار بارندگی مساحت کشت افزایش و با کاهش بارندگی مساحت کشت کاهش پیدا می‌کند به‌عنوان مثال کاهش شدید بارندگی در سال ۲۰۰۸ باعث کاهش سطح زیر کشت در این سال شد. با توجه به پیش‌بینی‌های انجام شده تا سال ۲۰۴۰ مقدار بارندگی روند نزولی دارد که این کاهش می‌تواند باعث کاهش سطح کشت منطقه گردد. با بررسی رابطه بین مقدار بارندگی با مساحت کشت در شهرستان ایزه مشخص شده به ازای هر ۱۱,۴ میلی‌متر کاهش بارندگی در دهه اول (۱۹۹۸-۲۰۱۰) و دوم (۲۰۱۰-۲۰۲۰) مساحت کشت ۷,۴۵ کیلومترمربع کاهش می‌یابد که این مقدار کاهش مساحت در دهه سوم (۲۰۲۰-۲۰۳۰) ۱۱,۴ و در دهه

چهارم (۲۰۳۰-۲۰۴۰) به ۱۵ کیلومترمربع می‌رسد؛ یعنی به ازای هر دهه از مساحت کشت ۸ کیلومترمربع کاهش می‌آید. (کریمی و همکاران ۲۰۱۸) نیز در بررسی تغییرات در میزان بارندگی و آب، تأثیر معنی‌داری را بر عملکرد محصول پیدا می‌کنند. (بتولو همکاران، ۲۰۱۹) به بررسی تأثیر تغییرات بارش بر بهره‌وری محصول و تغییرات الگوی کشت پرداخته نتایج نشان داد بارش روند کاهشی را از چند دهه گذشته داشته و منجر به تغییر در محصول و الگوی کشت در منطقه شده است. یکی دیگر از پارامترهای تأثیرگذار بر روی مساحت کشت دمای حداقل و حداکثر می‌باشد. نتایج نشان داد هر چه به سمت دماهای حداکثر حرکت کنیم از مساحت کشت کاسته می‌شود و بهترین دماها برای کشت گندم و جو، دمای بین ۲۳ تا ۲۹ درجه است. طبق پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته نیز با افزایش دما مساحت کشت کاهش پیدا می‌کند به‌طور کلی دماهای حداقل و حداکثر طبق سناریوهای ذکر شده افزایش ۰٫۷ درجه سانتی‌گراد را تجربه خواهند کرد. در باب مقایسه با نتایج پژوهش نویسندگان دیگر، نتایج پژوهش‌های (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۴) (طائی سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۳) (صمدی نقاب و همکاران، ۱۳۹۰) (آبکار و همکاران، ۱۳۹۳) (عساکره و کیانی، ۲۰۱۸) نیز نشان داد، متوسط دما، کمینه و بیشینه دما نسبت به دوره پایه در حال افزایش است. کاهش بارندگی و افزایش دما در بلندمدت زیان‌های اقتصادی و اجتماعی زیادی را بر ساکنین شهرستان وارد می‌کند. همچنین این افزایش دما بر روی منابع آب شهرستان که رابطه خوبی با کشاورزی منطقه دارند تأثیر منفی گذاشته و باعث کاهش منابع آب در بخش کشاورزی می‌شود و همچنین این کاهش منابع آب می‌تواند یک چالش جدی را برای شهرستان و حتی استان خوزستان به بار آورد. برای اینکه اثرات کاهش بارندگی را به حداقل برسانیم می‌توان با برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب سطحی و مبارزه با احداث چاه‌های غیرضروری در منطقه و جلوگیری خروج آب ناشی از بارندگی به این مهم دست پیدا کرد.

منابع

- ۱- آبکار، علی جان. حبیب نژاد روشن، محمود. سلیمانی، کریم. نقوی، هرمز. (۱۳۹۳): بررسی میزان کارایی مدل SDSM در شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۴(۲)، ۱-۱۷.
- ۲- احمدی، محمود. لشکری، حسن. کیخسروی، قاسم. آزادی، مجید. (۱۳۹۴): واکاوی عناصر هواشناسی ایستگاه‌های شمال شرق کشور، به‌عنوان نمایه‌ای از تغییر اقلیم، فصلنامه علوم محیطی، دوره ۱۳، شماره ۱، صص ۱-۱۴.
- ۳- سبحانی، بهروز. اصلاحی، مهدی. باباییان، ایمان. (۱۳۹۴): کارایی الگوهای ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM و LARS-WG در شبیه‌سازی متغیرهای هواشناسی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۷(۴)، ۴۹۹-۵۱۶.
- ۴- صمدی نقاب، سینا. حبیبی نوخندان، مجید. زابل عباسی، فاطمه. (۱۳۹۰): به‌کارگیری مدل SDSM جهت ریزمقیاس‌نمایی داده‌های GCM بارش و دما مطالعه موردی: پیش‌بینی‌های اقلیمی ایستگاهی در ایران. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۳۹۰(۵)، ۶۸-۵۷.

- ۵- طائی سمیرمی، سیاوش. مرادی، حمیدرضا خدا قلی، مرتضی. (۱۳۹۳): شبیه‌سازی و پیش‌بینی برخی از متغیرهای اقلیمی توسط مدل چندگانه خطی SDSM و مدل‌های گردش عمومی جو (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بار نیشابور). انسان و محیط‌زیست، ۱۲، شماره ۱، ۲۸-۳۹، صص ۱-۱۵.
- ۶- عزیزی، قاسم. (۱۳۸۳): تغییر اقلیم، تهران، قومس، ص ۲۳۲.
- ۷- عساکره، حسین. کیانی، حدیث. (۱۳۹۷): ارزیابی کارایی مدل SDSM در شبیه‌سازی میانگین دمای شهر کرمانشاه. فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۷(۱۰۵)، ۴۹-۶۲.
- ۸- محمدی، الهام؛ یزدان‌پناه، حجت‌ا...؛ محمدی، فریبا (۱۳۹۳): بررسی رخداد تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کاشت و طول دوره رشد گندم (دیم) مطالعه موردی ایستگاه سرا رود کرمانشاه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۲، شماره ۲، صص ۲۳۱-۲۴۶.
- ۹- معروف نژاد، عباس: شهلا، قاسمی. (۱۳۹۶): روند تغییرات دما با استفاده از روش من - کندال (مطالعه موردی چهار شهرستان استان چهارمحال و بختیاری)، آمایش محیط، ۱۰.
- ۱۰- نصیری محلاتی، مهدی. کوچکی، علیرضا. کمالی، غلامعلی. مرعشی، سید حسین. (۱۳۸۵): بررسی اثرات تغییر اقلیم بر شاخص‌های اقلیمی کشاورزی ایران. علوم و صنایع کشاورزی، ۲۰(۷).

- 12- Alter, R. E. Douglas, H. C. Winter, J. M. & Eltahir, E. A. (2018): Twentieth Century Regional Climate Change During The Summer In The Central United States Attributed To Agricultural Intensification. *Geophysical Research Letters*, 45(3), Pp. 1586-1594.
- 13- Basche, A. D. Archontoulis, S. V. Kaspar, T. C. Jaynes, D. B. Parkin, T. B. & Miguez, F. E. (2016): Simulating Long-Term Impacts Of Cover Crops And Climate Change On Crop Production And Environmental Outcomes In The Midwestern United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 218, Pp. 95-106.
- 14- Batool, N. Shah, S. A. Dar, S. N. & Skinder, S. (2019): Rainfall Variability And Dynamics Of Cropping Pattern In Kashmir Himalayas: A Case Study Of Climate Change And Agriculture. *SN Applied Sciences*, 1(6), Pp. 606.
- 15- Chen, S. Chen, X. & Xu, J. (2016): Impacts Of Climate Change On Agriculture: Evidence From China. *Journal Of Environmental Economics And Management*, 76, Pp. 105-124.
- 16- Crost, B. Duquennois, C. Felter, J. H. & Rees, D. I. (2018): Climate Change, Agricultural Production And Civil Conflict: Evidence From The Philippines. *Journal Of Environmental Economics And Management*, 88, Pp. 379-395.
- 17- Dile, Y. T. Berndtsson, R. & Setegn, S. G. (2013): Hydrological Response To Climate Change For Gilgel Abay River, In The Lake Tana Basin-Upper Blue Nile Basin Of Ethiopia. *Plos One*, 8(10).
- 18- Falco, C. Donzelli, F. & Olper, A. (2018): Climate Change, Agriculture And Migration: A Survey. *Sustainability*, 10(5), Pp. 1405.
- 19- Gao, Q. Guo, Y. Xu, H. Ganjurjav, H. Li, Y. Wan, Y. ... & Liu, S. (2016): Climate Change And Its Impacts On Vegetation Distribution And Net Primary Productivity Of The Alpine Ecosystem In The Qinghai-Tibetan Plateau. *Science Of The Total Environment*, 554, Pp. 34-41.
- 20- Karimi, V. Karami, E. & Keshavarz, M. (2018): Climate Change And Agriculture: Impacts And Adaptive Responses In Iran. *Journal Of Integrative Agriculture*, 17(1), Pp. 1-15.
- 21- Mousavi-Derazmahalleh, M. Bayer, P. E. Hane, J. K. Valliyodan, B. Nguyen, H. T. Nelson, M. N. ... & Edwards, D. (2019): Adapting Legume Crops To Climate Change Using Genomic Approaches. *Plant, Cell & Environment*, 42(1), Pp. 6-19.
- 22- Pathak, T. B. Maskey, M. L. Dahlberg, J. A. Kearns, F. Bali, K. M. & Zaccaria, D. (2018). Climate Change Trends And Impacts On California Agriculture: A Detailed Review. *Agronomy*, 8(3), Pp. 25.
- 23- Shahvari, N. Khalilian, S. Mosavi, S. H. & Mortazavi, S. A. (2019): Assessing Climate Change Impacts On Water Resources And Crop Yield: A Case Study Of Varamin Plain Basin, Iran. *Environmental Monitoring And Assessment*, 191(3), Pp. 134.