

فرم پیشنهاد طرح پژوهشی

عنوان طرح:

پهنه بندی تنش آبی مراحل رشد گیاه گندم با استفاده از رطوبت خاک محدوده عمق ریشه SMAP در سالهای ۱۳۹۴-۱۴۰۲ در سطح استان قزوین

۱- اطلاعات مربوط به محقق

نام: ابراهیم

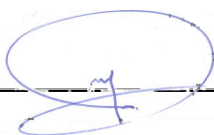
نام خانوادگی: فتاحی

محل اشتغال: پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو

رشته تحصیلی: اقلیم شناسی

آخرین مدرک تحصیلی: دکتری

شماره تلفن ثابت: ۴۴۷۸۷۶۹۱ شماره تلفن همراه: ۰۹۱۲۲۴۹۰۳۱۵ امضاء محقق



۲- اطلاعات مربوط به طرح

الف) عنوان طرح:

معادل انگلیسی عنوان طرح:

Water stress zoning of the wheat planet using SMAP level-4 root zone soil moisture during 2015-2023 in Qazvin province.

ب) نوع تحقیق: ☐ بنیادی ۱ ☒ کاربردی ۲ ☐ توسعه فناوری ۳

پ) مدت زمان اجرای طرح: تاریخ شروع: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱ تاریخ خاتمه (تقریبی): ۱۴۰۳/۰۹/۰۱

ت) تاریخ پیشنهاد طرح: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱

ث) سازمان متقاضی طرح پژوهشی: پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو

ج) پرسش(های) تحقیق (فرضیه های تحقیق) :

- ۱) الگوی کشت محصولات استان تا چه اندازه با اقلیم و وضعیت آب و هوایی استان تطابق دارد؟
- ۲) روند افزایش دما و تغییر اقلیم استان، چه تغییراتی را در الگوی کشت استان ایجاد می نماید؟
- ۳) آیا الگوی فعلی کشت دیم با شرایط رطوبتی خاک منطقه سازگار است؟
- ۴) چگونه نوسانات و تغییرات رطوبتی خاک در الگوی کشت دیم در منطقه می بایست پایش و مورد توجه قرار گیرد تا از تحمیل مصارف بیهوده و خسارت و زیان در منطقه جلوگیری گردد؟
- ۵) با استفاده از محاسبه تنش آبی در دوره رشد محصولات کشاورزی، الگوی بهینه مکانی و زمانی برای سال های تر و خشک برای محصولات مختلف کشاورزی چیست؟

چ)اهداف طرح:

- پهنه بندی تنش آبی مراحل رشد گیاه گندم دیم بصورت دهه ای برای سال های تر و خشک و نرمال،
- سطح بندی پهنه هایی با تنش آبی به صورت خفیف، متوسط، نسبتاً شدید، شدید و خیلی شدید به منظور تعیین مناطق مستعد کشت دیم برای سالهای تر، خشک و نرمال ،
- ارائه توصیه آبیاری در مراحل مختلف گیاه گندم با توجه به نیاز آبی مراحل رشد و پهنه بندی آب سهل الوصول در محدوده ریشه،
- ارائه جدول کشت بهینه دیم برای محصولات دیم با توجه به نیاز آبی مراحل رشد گیاه آب سهل الوصول هر منطقه.

ح) اگر طرح از نوع کاربردی یا توسعه فناوری است کدام بخش های جامعه و دستگاه های اجرایی از آن بهره مند می شوند ؟

- در این توزیع فضایی محتوای رطوبتی خاک شامل رطوبت سطحی و عمق ریشه، تنش آبی محصولات کشاورزی در دوره های رشد بصورت نقشه های پهنه بندی استانی با قابلیت های بروز رسانی نمایش داده خواهد شد و نتایج طرح مورد استفاده بسیاری از کاربران بویژه در حوزه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست، مدیریت منابع آبی و ... خواهد بود.

۳- بیان مسئله (تشریح ابعاد، حدود مسئله، معرفی دقیق مسئله، بیان جنبه‌های مجهول و متغیرهای مربوط به پرسش‌ها یا فرضیه‌های تحقیق)

آب مهمترین و اساسی‌ترین عامل تولید محصول در شرایط دیم است و رطوبت خاک سطحی متغیری کلیدی در کنترل تبادل آب و انرژی بین زمین و جو محسوب می‌شود. رطوبت خاک در سال ۲۰۱۰ به عنوان یک متغیر اساسی اقلیمی (ECV) از سوی سازمان جهانی هواشناسی (WMO)، ستادمانه اقلیمی مشاهدات جهانی^۳ (GCOS) و کمیته ماهواره‌های مشاهداتی زمین^۴ (CEOS) معرفی شده است. این متغیر، از نظر زمانی و مکانی بسیار تغییرپذیر است، به‌طوری‌که توزیع مکانی رطوبت خاک به عوامل و فاکتورهای مختلفی مانند الگوهای بارش و تبخیر، بافت خاک، پوشش گیاهی، شیب و توپوگرافی منطقه بستگی دارد. همچنین در طی ماه‌ها و فصل‌های مختلف میزان رطوبت خاک بسیار متغیر است. تا کنون شاخص‌های هواشناسی و هواشناسی کشاورزی متعددی از جمله پارامترهای اقلیمی بارش و یا محاسبه شاخص‌های خشکسالی جهت تعیین رطوبت موجود در خاک ارائه شده است که عمدتاً مبتنی بر اندازه‌گیری‌های میدانی و مستقیم بوده است. استفاده از این روش‌ها در مقیاس گسترده علاوه بر اینکه کاری بسیار دشوار، پرهزینه و وقت‌گیر است برای دوره‌های طولانی مدت قابل اجرا نمی‌باشد. در پهنه جغرافیایی ایران شبکه سراسری پایش رطوبت خاک وجود نداشته و اندازه‌گیری‌ها محدود به مراکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی (ایستگاه‌های هواشناسی کشاورزی) سازمان هواشناسی کشور است. سازمان هواشناسی کشور در مجموع دارای ۴۵ ایستگاه هواشناسی کشاورزی در سراسر کشور است که در بیشتر آنها داده‌های رطوبت خاک برای دوره‌های طولانی مدت و به صورت کامل وجود ندارد همچنین پراکنش جغرافیایی و اقلیمی این ایستگاه‌ها در کشور نامنظم بوده و حتی بعضی از استان‌ها مانند استان قزوین فاقد ایستگاه اندازه‌گیری این متغیر می‌باشند. از این رو در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای برای برآورد و مدل‌سازی رطوبت خاک توسعه داده شده است. روش‌های سنجش از دور قادرند اطلاعات رطوبت خاک را در گستره وسیع با فواصل زمانی کوتاه، با دقت قابل قبول ارائه دهند. ویژگی مهم و بارز این اطلاعات، نمایش مستقیم تغییرات رطوبت خاک در لایه‌های سطحی و محدوده ریشه گیاه می‌باشد که می‌تواند راهنمای بسیار موثر و کارآمد در مدیریت کشت و برنامه ریزی آبیاری در تمام مراحل رشد محصولات زراعی و باغی باشد. در

^۱Essential Climate Variables

^۲World Meteorological Organization

^۳Global Climate Observing System

^۴Committee on Earth Observation Satellite

استان قزوین، مطالعات فراوانی در زمینه الگوی کشت، تعیین آبیاری تکمیلی، افزایش بهره وری و مدیریت بهینه آب در کشاورزی صورت گرفته است ولی تاکنون الگوی مناسبی از پهنه رطوبتی خاک استان ارائه نشده است. از آنجایی که تغییر اقلیم در آینده، عدم قطعیت مربوط به تولید غذا را افزایش می‌دهد، توجه زیادی به مسئله تغییر اقلیم در نقاط مختلف شده است (کوچکی و حسینی ۱۳۸۵، ۱). یکی از مباحث اصلی در زمینه اثرات تغییر اقلیم، اثر آن بر کشاورزی، تولید مواد غذایی و امنیت غذایی مورد استفاده برای جمعیت در حال رشد جهان می‌باشد. لذا مطالعه تغییر اقلیمی در برنامه ریزی‌های و سیاست‌گذاری‌های بخشهای مختلف از جمله کشاورزی، زراعت و مدیریت منابع آب اهمیت بسیار دارد. در این طرح، ضمن بررسی روند متغیرهای دما، بارش و رطوبت طی دوره پایه ۱۹۸۴-۲۰۲۲ در ایستگاه‌هایی با داده‌های کامل، سناریوهای آتی دما و بارش و رطوبت سطحی همچنین تناسب اراضی برای کشت گندم دیم در حال حاضر و در آینده نزدیک (۲۰۲۵-۲۰۵۰) بررسی خواهد شد.

۴- روش تحقیق (روش اجرای طرح)

زراعت دیم یکی از پایه‌های اساسی تولید محصول به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است. در این نواحی تولید محصول دیم به شدت وابسته به رطوبت خاک است و تنش رطوبتی مهمترین عامل محدود کننده رشد گیاه محسوب می‌شود. یکی از راهکارهای مهم کاهش تنش رطوبتی و در نتیجه بهبود عملکرد محصول در کشاورزی دیم، اندازه‌گیری تغییرات محتوای رطوبتی خاک بویژه در محدوده ریشه گیاه طی دوره رشد می‌باشد. رطوبت خاک از نظر زمانی و مکانی بسیار تغییرپذیر است، به طوریکه توزیع مکانی آن تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله الگوهای بارش و تبخیر، بافت خاک، پوشش گیاهی، شیب و توپوگرافی منطقه می‌باشد. روش‌های متعددی جهت تعیین رطوبت موجود در خاک ارائه شده است که عمدتاً مبتنی بر اندازه‌گیری‌های میدانی و مستقیم بوده است. استفاده از این روش‌ها در مقیاس گسترده علاوه بر اینکه کاری بسیار دشوار، پرهزینه و وقت گیر است برای دوره‌های طولانی مدت قابل اجرا نمی‌باشد. امروزه محصولات رطوبت خاک حاصل از روش‌های سنجش از دور ریز موج، اطلاعات گسترده‌ای در مورد رطوبت خاک در مقیاس‌های مختلف ارائه داده است. امواج ریزموج به دلیل قابلیت نفوذ به داخل خاک و اثرپذیری مستقیم از رطوبت خاک و همچنین به دلیل داشتن قابلیت داده برداری در روزهای ابری به دلیل امکان نفوذ این امواج از توده‌های ابر، نسبت به روش‌های نوری صحت و کارایی بالاتری در اندازه‌گیری رطوبت خاک نشان داده‌اند. ترکیب تصاویر طیف ریز موج (باند L)

ماهواره اسمپ (SMAP) و داده‌های مدل سازی شده، محصول سطح ۴ رطوبت خاک منطقه ریشه است که بعنوان مهمترین داده در فرآیند اجرایی این پروژه مورد استفاده قرار گرفته است. ماهواره ی اسمپ حامل سنجنده ی ماکروویو باند - ال (طول موج ۱۵-۳۰ سانتی متر) است که رطوبت سطحی خاک را در فرکانس ۱/۴ گیگا هرتز برای پیش بینی‌های هواشناسی، پایش‌های اقلیمی و چرخه‌ی آب شناختی با میزان خطای ۱۰٪ (ریشه‌ی میانگین مربعات خطا برابر ۰/۰۴ سانتی متر مکعب بر سانتی متر مکعب) بازیابی می‌نماید. در این پژوهش با استفاده از نوسانات رطوبت خاک استان در سال‌های خشک و تر و ادغام این اطلاعات با نقشه‌های پهنه بندی بافت خاک استان و اطلاعات نیاز آبی محصولات کشاورزی به صورت نقشه پهنه‌ای تنش رطوبتی خاک جهت برنامه‌ریزی، مدیریت و تعیین الگوی مناسب کشت دیم برای دوره حاضر و آینده نزدیک ارائه می‌شود. مراحل کار به شرح ذیل در محیط نرم افزارهای ArcGIS و RStudio انجام می شود.

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق گستره استان قزوین بوده و از دو نوع داده بازتحلیل و برونداد مدل‌های مورد استفاده در گزارش در حال تهیه هیات بین الدول تغییر اقلیم (گزارش ششم) تحت سناریوهای جدید SSP استفاده می‌شود. داده های رطوبت خاک در طی یک دوره زمانی ۸ ساله از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۲ داده‌های ورژن هفت سطح چهار رطوبت خاک سامانه SMAP(L)-SM4- محدوده عمق سطح خاک و عمق ریشه استفاده می شود.

۴-۱- داده های مورد نیاز :

- داده های دما، بارش و رطوبت (نقاط منتخب مناطق دیم کاری) ایستگاه های هواشناسی استان طی دوره آماری
- داده‌های خروجی دما، بارش و برای رطوبت در قسمت بالایی ستون خاک (mrsos) و محتوای کل آب لایه خاک (mrsol) مدل های ERA5 و CMIP6 برای دو دوره پایه و آینده نزدیک (۲۰۵۰-۲۰۲۵)
- محصول رطوبت خاک SMAP Level-4 بارگذاری شده از سایت ناسا
- لایه بافت خاک استان قزوین بر اساس گزارشات سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO)
- جداول ارائه شده توسط موسسه تحقیقات آب و خاک و سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی به منظور محاسبه آب قابل دسترس گیاه با توجه به بافت و رطوبت خاک
- جداول نیاز آبی مراحل رشد گیاه گندم بصورت دهه ای برای استان قزوین ارائه شده توسط موسسه تحقیقات آب و خاک و سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی به منظور پهنه بندی تنش آبی گیاه گندم در مراحل رشد
- عملکرد کشت دیم در سال های مورد مطالعه در استان

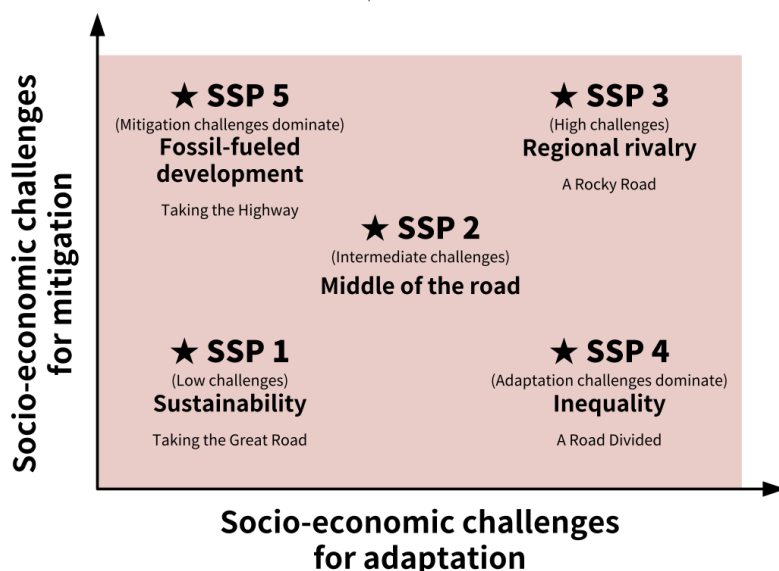
۴-۲- روش کار

۴-۲-۱- آشکارسازی تغییر اقلیم، پیش نگری و ارایه سناریوهای آتی دما، بارش و رطوبت سطحی خاک مناسبترین ابزار برای بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر بخشهای مختلف سیستم اقلیمی، استفاده از خروجی مدل‌های جهانی جفت شده جوی -اقیانوسی می باشد. این مدل‌ها پارامترهای جوی و اقیانوسی را برای دوره طولانی مدت با استفاده از سناریوهایی مدل‌سازی می

نمایند (هیات بین الدول تغییر اقلیم، ۱۹۹۵). از آنجایی که این مدل ها دارای قدرت تفکیک مکانی کمی میباشند (ویلیبی، ۱۹۹۷)، لذا خروجی این مدلها باید قبل از استفاده برای مطالعات ارزیابی اثرات، ریزمقیاس شوند که این امر را میتوان به روشهای آماری و دینامیکی انجام داد. هیات بین الدولی تغییر اقلیم در تدوین گزارش ششم ارزیابی خود **AR6** سناریوهای جدید **SSP** را ارائه داده است. در فاز ششم از تلفیق سناریوهای اجتماعی- اقتصادی مشترک در کنار سناریوهای نماینده غلظت گازهای گلخانه ای برای تحلیل پس خورهای بین تغییرات اقلیمی و فاکتورهای اجتماعی- اقتصادی نظیر رشد جهانی جمعیت، توسعه اقتصادی و پیشرفت های فناوری استفاده شده است. پنج سناریوی اصلی (**SSP 1-5**) و تعدادی سناریوی فرعی به عنوان سناریوهای جدید در این مدل ها جهت شبیه سازی اقلیم آینده طراحی و به کار برده شده است.

۱-۲-۴- معرفی سناریوهای **SSP**

این مطالعه بر مبنای انواع سناریوهای مختلف **SSP** انجام می گیرد. در شکل ۱، سناریوهای مختلف **SSP** و موقعیت آنها از نظر سطح چالش های سازگاری و کاهش اثرات نشان داده شده است. همچنین مقدار انتشار دی اکسید کربن تحت هر یک از سناریوهای یادشده در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که در شکل دیده می شود، سناریوهای **SSP1**، **SSP2** و **SSP5** به ترتیب به عنوان سناریوهای خوشبینانه، متوسط و بدبینانه شناخته می شوند. بر این اساس مطالعه تغییر اقلیم استان بر مبنای سه سناریوی مذکور انجام خواهد شد.



شکل ۱- سناریوهای مختلف اقتصادی اجتماعی مورد استفاده در گزارش ششم ارزیابی تغییر اقلیم (**AR6**)

در این تحقیق پیش بینی های تاریخی مدل های گزارش ششم با داده های شبه دیدبانی در دوره مشابه مقایسه شده و مدل هایی که از نظر نمایه های آماری دارای کارایی قابل قبولی می باشند، برای پیش نگری اقلیم آینده مورد استفاده قرار می گیرند. داده های بازتحلیل مورد استفاده که از پایگاه داده **ERA5** مرکز پیش بینی های میان مدت اروپا اخذ می گردد، برای واسنجی پرونداد مدل های **CMIP6** استفاده می شود. این مطالعه در دو بازه زمانی هیستوریکال (۱۹۹۰-۲۰۱۹) و آینده (۲۰۲۵-۲۱۰۰) برای پارامترهای دما و بارش انجام می گردد. در این مطالعه از روش **BCSD** یا اعمال اریبی مدل در دوره پایه به پیش بینی های آینده، روش تغییر عامل (**Change Factor**) و انحراف معیار (**BCMv**) به منظور پس پردازش پرونداد مدل های اقلیمی استفاده می شود.

^۱ Fifth Assessment Report

^۲ Representative Concentration Pathways

برای ارزیابی عملکرد شبیه‌سازی‌های CMIP6 در مدل‌سازی رطوبت خاک، این مطالعه از داده‌های خروجی برای رطوبت در قسمت بالایی ستون خاک (mrsos) و محتوای کل آب لایه خاک (mrsol) استفاده خواهد کرد. در چارچوب CMIP6، mrsos به عنوان رطوبت خاک تا عمق ۱۰ سانتی متر تعریف می‌شود، در حالی که mrsol دارای تعداد لایه و ضخامت متغیر بسته به مدل خاص است. برای تسهیل ارزیابی، رطوبت خاک به دو دسته رطوبت کم عمق و عمیق تقسیم می‌شود. از آنجایی که اندازه‌گیری رطوبت خاک سخت است و از نظر مکانی بسیار متغیر است، داده‌های مشاهداتی بلندمدت و در مقیاس بزرگ نسبتاً کمیاب هستند. مجموعه داده باز تحلیل یکی از مرکز اروپا برای پیش‌بینی‌های هوای متوسط (ECMWF)، جدیدترین باز تحلیل (ERA5)، بکار خواهد رفت (چنگ و همکاران ۲۰۱۹؛ دنگ و همکاران ۲۰۲۰، وو و همکاران ۲۰۲۱). بنابراین، رطوبت خاک شبیه‌سازی شده CMIP6 با استفاده از این سری داده باز تحلیل ارزیابی می‌شود. ERA5 به عنوان جدیدترین نسخه ECMWF، ERA5 نشان دهنده نسل پنجم داده‌های تجزیه و باز تحلیل برای اقلیم و وضع هوای جهانی است. ERA5 که به عنوان جایگزینی برای ERA-Interim در نظر گرفته شده است، شامل پیشرفت‌های مختلفی از جمله ورودی‌های داده‌های مشاهده‌ای جدید، درجه بیشتری از یکپارچه‌سازی داده‌های ماهواره‌ای، و ارتقاء سیستم همسان‌سازی و مدل زمین (از TESSEL به HTESSEL) است. ERA5 اولین باز تحلیل ECMWF است که شامل مشاهدات سنجش از راه دور می‌شود، با پراکندگی برگشتی (سطح B۱) از پراکنده‌سنج‌ها، رطوبت خاک را بر روی زمین در تجزیه و تحلیل رطوبت خاک فراهم می‌کند (Hersbach et al. 2020). وضوح فضایی ERA5 و 0.25×0.25 درجه است. رطوبت خاک به چهار لایه عمودی با دامنه‌های متوالی ۰-۷، ۷-۲۸، ۲۸-۱۰۰ و ۱۰۰-۲۸۹ سانتی متر تقسیم می‌شود.

داده‌های برون‌داد مدل‌های سری CMIP6 برای دوره ۲۰۱۴-۱۹۸۴ (دوره پایه-صحت سنجی) و ۲۰۱۵-۲۱۰۰ (دوره آینده-پیش‌نگری) از پایگاه ESGF که مورد تایید هیات بین‌الدول تغییر اقلیم می‌باشد تهیه می‌شود. آدرس پایگاه مذکور به شرح زیر است:

<https://esgf-node.llnl.gov/projects/cmip6/>

در پایگاه مذکور داده‌های ۵ سناریوی SSP-1 تا SSP-5 دانلود می‌شوند.

برون‌داد مدل‌های CMIP6 نیازمند تصحیح می‌باشند. روش انجام به صورت زیر می‌باشد:

مشخص کردن مدل‌های با کارایی بیشتر بر اساس داده‌های خام آنها قبل از پس‌پردازش آماری با یکارگیری شاخص‌های آماری مانند شاخص توافق، RMSE و همبستگی

پس‌پردازش آماری برای تصحیح اریبی

با توجه به نیاز به داده‌های روزانه، از مدل‌های آماری SDSM یا Lars-WG به منظور تهیه سناریوهای روزانه دما و بارش و متغیر رطوبت خاک استفاده خواهد شد.

عدم قطعیت پس‌پردازش / ریزمقیاس‌نمایی

در نهایت لازم است عدم قطعیت مدل‌های مختلف در پیش‌نگری بارش و دمای استان محاسبه شود. می‌توان فاصله بین صدک ۲۵ و ۷۵ پیش‌نگری‌ها را به عنوان دامنه عدم قطعیت پیش‌نگری‌ها در نظر گرفت (بابائیان و همکاران، ۱۴۰۰). در این راستا، فعالیت‌های زیر انجام خواهد شد:

- ریزمقیاس‌نمایی آماری متغیرهای دما، بارش مدل‌های منتخب CMIP6
- بررسی روند متغیرهای دما، بارش و رطوبت با استفاده از روش من-کندال و برآورد کننده شیب سن
- سناریوهای خوش بینانه و بد بینانه اقلیمی دما و بارش و رطوبت خاک برای دوره آینده نزدیک استان (۲۰۲۵-۲۰۵۰)
- ۲-۴- تناسب الگوی کشت با اقلیم و وضعیت آب و هوایی

مدل سازی پیش بینی پراکنش گونه ها ابزاری قدرتمند است که می تواند در مطالعات مربوط به زیست شناسی، حفاظت، مطالعات مربوط به تغییرات اقلیمی، ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، تناسب سنجی رویشگاه ها برای گونه های گیاهی و همچنین تغییرات پوشش اراضی مورد استفاده قرار می گیرد. در این مدل ها، مجموعه ای از متغیرهای محیطی در یک منطقه مشخص، پراکنش گونه معرف را به عنوان تابعی از این متغیرهای برآورد می کنند و تناسب آن منطقه را برای گونه های مورد بررسی مشخص می کنند. روش ها متعدد است. یکی از روش های غیر پارامتری، روش های یادگیری ماشین هستند که شامل روش هایی چون آنتروپی حداکثر، طبقه بندی قیاسی یا استقرایی، درخت تصمیم، الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی می باشد. در این روش ها عموماً احتمال عضویت هر کلاس به هر یک از طبقات مربوط به متغیرهای پاسخ را بر اساس توزیع فراوانی در داده های مورد استفاده برای آموزش مدل پیش بینی می کنند. در این طرح، فاکتورهای اقلیمی (بارش، دما، شیب، رطوبت خاک، نمایه های حدی طی فصل رشد و ...) کنترل کننده تناسب محصول دیم (در اینجا گندم) در سطح استان بررسی و بر اساس این فاکتورها، پیش نگری از توزیع مکانی این محصول ارایه خواهد شد.

۳-۲-۴- تهیه نقشه های تنش رطوبتی

- تهیه لایه GIS بافت خاک استان برای عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی متری
- تهیه نقشه های پایه محتوای رطوبتی خاک در محدوده ریشه شامل ظرفیت زراعی مزرعه، نقطه پژمردگی، آب قابل دسترس و آب سهل الوصول با استفاده از لایه بافت خاک و بر اساس دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان در نشریه ۵۶ فائو
- استخراج داده های سطح ۴ رطوبت خاک ماهواره اسمپ برای یک دوره ۷ ساله (۱۳۹۴ تا ۱۴۰۲) براساس الگوریتم تهیه شده
- صحت سنجی داده های رطوبت خاک با مقادیر برداشت شده ی مشاهداتی نقطه ای (۳۰ عدد دیتای زمین مرجع در بازه زمانی مختلف) در سطح مناطق دیم خیز با نظر تیم کارشناسان مرکز تحقیقات و سازمان جهاد کشاورزی
- تعیین آب سهل الوصول و ترسیم نقشه های تنش رطوبتی گیاه دیم در هر دهه طی فصل رشد (در این پروژه از اطلاعات گندم بعنوان محصول مرجع استفاده شده است).
- محاسبه نقشه های تنش آبی برای دوره های خشک و تر در مقیاس های سالانه و دهه ای
- معرفی پهنه مناسب کشت دیم برای دوره های خشک و تر
- برآورد نقشه های تنش آبی استاندارد شده دوره های خشک و تر در مقیاس سالانه

۳-۴-پیشینه تحقیق

سینک و همکاران (۲۰۱۹) اقدام به ارزیابی محصولات رطوبت خاک برای شرایط حاره ای هند نوسان پذیری فصلی شدید که منجر به تغییرات از شرایط خیلی مرطوب به خشک می شود به ویژه برای مناطق شالیکاری کردند. یانگ و همکاران (۲۰۱۸): اثر سه زمان آبیاری تکمیلدر زمستان، مرحله ساقه ورزی و مرحله دانه بندی (بر روی گندم زمستانی را بررسی کردند و نشان دادند که در هر سه زمان آبیاری تکمیلی تفاوت معنی داری با تیمار شاهد از لحاظ عملکرد دانه وجود دارد. واعظی و همکاران (۱۳۹۸) : برای گندم دیم در منطقه نیمه خشک، پایش رطوبت بسیار حائز اهمیت بوده و انجام آبیاری تکمیلی در مرحله جوانه زنی میتواند موجب کاهش تنش رطوبتی و افزایش عملکرد دانه گندم شود. در زمینه ارزیابی محصولات SMAP و لپوری و همکاران (۲۰۱۶) در ایالات متحده، ملدنووا و همکاران (۲۰۲۰) در سه منطقه کشاورزی ایالات متحده آمریکا، آفریقای جنوبی و استرالیا، ال حاج و همکاران (۲۰۱۸) در فرانسه، لی و همکاران (۲۰۱۸) در فلات تبت، صبوری نوقایی و همکاران (۱۴۰۰)، مقیاس کاهی SMAP در ایلام، اسکویی همکاران (۱۴۰۱) تعیین توزیع مکانی و زمانی رطوبت خاک از محصولات SMAP را طی بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ در گستره ایران، حاجی ملکی و همکاران (۱۳۹۹) اعتبارسنجی داده های رطوبت خاک سطحی ماهواره SMAP درحوضه سیمینه زرینه را انجام داده و به نتایج مثبتی دست یافته اند. حسن زاده و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی تحت عنوان اعتبارسنجی محصولات رطوبت خاک سطحی ماهواره ای، به واسنجی

محصولات رطوبت خاک سطحی سنجنده های ۲ **AMSR**، **SMAP** و **SMOS** در استان های ساحلی شمال کشور پرداخته شد یافته های آنها نشان داد که ماهواره **SMAP** نسبت به دیگر محصولات از دقت بیشتری برخوردار بوده است. درکل، یافته های این پژوهش ها نشان داده است که داده های رطوبت خاک **SMAP** می تواند به عنوان ابزار مناسبی برای تهیه نقشه های رطوبت خاک در مناطق مختلف جهان با تنوع جغرافیایی و اقلیمی باشد. در زمینه کاربرد محصولات این ماهواره، فلفلانی و همکاران (۲۰۱۹) به منظور بهبود شبیه سازی آبیاری و کاهش خطای نیاز آبی شبیه سازی شده، سینک و همکاران (۲۰۱۹) اقدام به ارزیابی محصولات رطوبت خاک برای شرایط حاره ای هند نوسان پذیری فصلی شدید که منجر به تغییرات از شرایط خیلی مرطوب به خشک می شود به ویژه برای مناطق شالیکاری کردند. ملادنوا و همکاران (۲۰۱۹ و ۲۰۲۰) نشان دادند رطوبت خاک **SMAP** قابلیت بهبود اطلاعات رطوبت خاک در ناحیه ریشه را برای نمایه پالمردارد. ملادنوا و همکاران (۲۰۲۰) ارزیابی شاخص ناخالصی رطوبت استاندارد شده خاک در سال ۲۰۱۵ برای آمریکا، آفریقای جنوبی و استرالیا و تقی زاده و احمدی گیوی (۱۳۹۷):مطابقت تغییرات محصول رطوبت خاک حاصل از **SMAP** با سامانه بارشی آشکارسازی شده توسط **GPM** را بررسی نمودند.

در زمینه پیش نگری های اقلیمی، فریرا و همکاران (۲۰۱۸) با ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی با استفاده از پنج مدل **GCM** بر منابع آب حوضه رودخانه کلانتان در مالزی پرداختند. نتایج نشان از افزایش بارش ماهانه در فصل مرطوب و کاهش آن در فصل خشک داشت. آیرینگ و همکارانش در سال ۲۰۱۶ به بازنگری طراحی آزمایشات و سازمانهای فاز ۶ پروژه یکسان سازی مدل های جفت شده (**CMIP6**) پرداختند. بواسطه طراحی و توزیع شبیه سازی مدل های اقلیم جهانی در اقلیم گذشته، حال و آینده، پروژه یکسان سازی مدل های جفت شده (**CMIP**) به یکی از عناصر پایه در دانش اقلیم تبدیل شده است. گروس و همکاران (۲۰۲۰)افق تغییرات اقلیمی استرالیا را بر اساس سناریوهای **CMIP6** بررسی نمودند.نتایج نشان داد مدل های **CMIP6** پیشرفت قابل ملاحظه ای را در شبیه سازی آب و هوا در منطقه استرالیا داشته است. جیانگ و همکاران (۲۰۲۰) تغییرات آینده بارش در آسیای میانه بر اساس پیش بینی های **CMIP6** را مورد بررسی قرار داد. المزرعی و همکاران (۲۰۲۰) به پیش بینی بارش و دما در کشورهای جنوب آسیا بر اساس فاز **CMIP6** پرداختند و تغییرات درجه حرارت و بارش را در کشورهای جنوب آسیا طی قرن ۲۱ بررسی کردند. در زمینه استفاده از **MAXEnt** ارتباط اقلیم با ذرت را در کشور چین بررسی و پاسخ آن را نسبت به تغییر اقلیم بررسی کردند (هه و ژو، ۲۰۱۲، ۲۰۱۹). در پژوهشی دیگر، توزیع مکانی ذرت در چین تحت سناریوهای متفاوت **RCP** بررسی شد (الو و همکاران، ۲۰۲۳).

۵- مهمترین منابع و مأخذی که از آنها استفاده می شود (استناد به روش APA)

۱. اسعدی اسکویی، ابراهیم، گودرزی، لیلیا & هلالی، جلیل. (۱۴۰۱). بررسی تغییرات مکانی و زمانی رطوبت خاک سطحی در ایران با استفاده از محصول **SMAP L4**. نیوار، ۲۵-۱۳، (۱۱۷-۱۱۶)، ۴۶،
۲. بابائیان و همکاران، (۱۴۰۰)، چشم انداز اقلیم کشور با استفاده از پس پردازش آماری برون داد مدل های **CMIP6**، پروژه پژوهشکده اقلیم شناسی و تغییر اقلیم، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو.
۳. پیری صحراگرد، حسین، زارع چاهوکی، محمدعلی، و آذرنبوند، حسین. (۱۳۹۵). کاربرد روش آنتروپی حداکثر در مدل سازی پیش بینی پراکنش ریشگاه های گیاهی (مطالعه موردی: مراتع بخش خلجستان استان قم). مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۶۹(۴)، ۸۳۴-۸۱۹.

۴. صبوری نوقایی، مسعود، رجبی، محمد مهدی &، اسعدی اسکویی، ابراهیم. (۱۴۰۰). اعتبارسنجی و ریزمقیاس سازی داده های رطوبت خاک ماهواره **SMAP** به روش **SMBDA** با استفاده از محصولات رادار **Sentinel 1** و داده های زمینی در منطقه صالح آباد ایلام. *تحقیقات منابع آب ایران*. ۱۶۰-۱۴۴، ۱۴(۴) ،

۵. Chan SK, Bindlish R, O'Neill PE, Njoku E, Jackson T, Colliander A, Chen F, Burgin M, Dunbar S, Piepmeier J, ..., and Kerr Y (2016) Assessment of the SMAP Passive Soil Moisture Product. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
۶. Cheng, M., L. Zhong, Y. Ma, M. Zou, N. Ge, X. Wang, and Y. Hu, 2019: A study on the assessment of multi-source satellite soil moisture products and reanalysis data for the Tibetan Plateau. *Remote Sens.*, 11, 1196, <https://doi.org/10.3390/rs11101196>.
۷. Colliander A, Yueh S, Jagdhuber T, Chen F, Crow W, O'Neill PE, ..., and Thibeault M (2019) The SMAP and Copernicus Sentinel 1A/B microwave active-passive high resolution surface soil moisture product. *Remote Sensing of Environment*, Elsevier 233:111380
۸. Das NN, Entekhabi D, and Njoku EG (2011) An algorithm for merging SMAP radiometer and radar data for high-resolution soil-moisture retrieval. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 49(5):1504–1512
۹. Das NN, Entekhabi D, Dunbar RS, Colliander A, Chen F, Crow W, Jackson TJ, Berg A, Bosch DD, Caldwell T, ..., and Njoku EG (2018) The SMAP mission combined active-passive soil moisture product at 9 km and 3 km spatial resolutions. *Remote Sensing of Environment*, Elsevier 211:204–217
۱۰. Das NN, Entekhabi D, Kim S, Yueh S, and O'Neill P (۲۰۱۶) Combining SMAP and Sentinel data for high-resolution Soil Moisture product. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016-November:129–131
۱۱. Das NN, Entekhabi D, Njoku EG, Shi JJC, Johnson JT, and Colliander A (2014) Tests of the SMAP combined radar and radiometer algorithm using airborne field campaign observations and simulated data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 52(4):2018–2028
۱۲. Deng, M., and Coauthors, 2020: Responses of soil moisture to regional climate change over the Three Rivers Source Region on the Tibetan Plateau. *Int. J. Climatol.*, 40, 2403–2417, <https://doi.org/10.1002/joc.6341>.
۱۳. Entekhabi D, Njoku EG, O'Neill PE, Kellogg KH, Crow WT, Edelstein WN, Entin JK, Goodman SD, Jackson TJ, Johnson J, ..., and van Zyl J (2010) The Soil Moisture Active Passive (SMAP) mission. *Proceedings of the IEEE*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 98(5):704–716.
۱۴. Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937-1958.
۱۵. FAO. AQUASTAT Online Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006. Available online: <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/main/index.stm> (accessed on 1 January 2018).
۱۶. Felfelani, F., Pokhrel, Y., Guan, K., & Lawrence, D. (2018). Utilizing SMAP Soil Moisture Data to Constrain Irrigation in the Community Land Model. *Geophysical Research Letters*, 45, 12,892 - 12,902. <https://doi.org/10.1029/2018GL080870>.
۱۷. Ferreira RN, Nissenbaum MR, Rickenbach THM., 2018. Climate change effects on summer time precipitation organization in the Southeast United States, *Atmospheric Research* 214: 348-363. DOI.org/10.1016/j.atmosres.2018.08.012.
۱۸. He, Q., & Zhou, G. (2012). The climatic suitability for maize cultivation in China. *Chinese Science Bulletin*, 57, 395-403.
۱۹. He, Q., Zhou, G., Lü, X., & Zhou, M. (2019). Climatic suitability and spatial distribution for summer maize cultivation in China at 1.5 and 2.0 C global warming. *Science Bulletin*, 64(10), 690-697.
۲۰. Lv, T., Peng, S., Liu, B., Liu, Y., & Ding, Y. (2023). Planting suitability of China's main grain crops under future climate change. *Field Crops Research*, 302, 109112.
۲۱. Mishra, A., Vu, T., Veetil, A. V., & Entekhabi, D. (2017). Drought monitoring with soil moisture active passive (SMAP) measurements. *Journal of Hydrology*, 552, 620-632.
۲۲. Qiao, L., Zuo, Z., & Xiao, D. (2022). Evaluation of soil moisture in CMIP6 simulations. *Journal of Climate*, 35(2), 779-800.

۲۳. Qiu, J., Dong, J., Crow, W. T., Zhang, X., Reichle, R. H., & De Lannoy, G. J. (2021). The benefit of brightness temperature assimilation for the SMAP Level-4 surface and root-zone soil moisture analysis. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(3), 1569-1586.
۲۴. Reichle, R. H., De Lannoy, G. J., Liu, Q., Ardizzone, J. V., Colliander, A., Conaty, A., ... & Zeng, Y. (2017). Assessment of the SMAP level-4 surface and root-zone soil moisture product using in situ measurements. *Journal of hydrometeorology*, 18(10), 2621-2645.
۲۵. Singh, G., Das, N. N., Panda, R. K., Colliander, A., Jackson, T. J., Mohanty, B. P., ... & Yueh, S. H. (2019). Validation of SMAP soil moisture products using ground-based observations for the paddy dominated tropical region of India. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(11), 8479-8491.

۶-برآورد هزینه اجرای طرح (آنالیز هزینه ها)

ردیف	عنوان هزینه	مبلغ (میلیون ریال)
۱	هزینه نیروی انسانی	۱۷۰۰
۲	هزینه داده برداری زمین مرجع	۱۵۰
۳	هزینه گردآوری و تدقین اطلاعات	۷۵
۴	هزینه های نشر	۱۲۵
۵	هزینه ایاب ذهاب	۷۵
۶	بالاسری (۱۰ درصد)	۲۵۰
۷	هزینه ناظر (۵ درصد)	۱۲۵
۸	جمع کل هزینه ها	۲۵۰۰

مبلغ ۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال (۲۵۰ میلیون تومان)

۷- برآورد زمان انجام طرح

ردیف	فعالیت‌ها یا مراحل کار	ماه های سال											
		مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان
۱	تدوین مبانی نظری و پیشینه پژوهش												
۲	جمع آوری داده ها												
۳	تحلیل داده ها												
۴	تدوین گزارش مربوط به یافته های پژوهشی												
۵	تدوین گزارش مربوط به نتیجه گیری												
۶	جمع بندی و ویرایش کل گزارش پژوهشی												
۷	تدوین مقاله												

ردیف	حیطه مسئولیت در طرح پژوهشی	نام و نام خانوادگی	محل اشتغال	رشته تحصیلی	امضاء
۱	همکار طرح	ابراهیم اسعدی اسکویی	پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو	کارشناسی: مهندسی کشاورزی- آبیاری و زهکشی کارشناسی ارشد: هواشناسی کشاورزی دکتری: هواشناسی کشاورزی	از طرف ح
۲	همکار طرح	منصوره کوهی	پژوهشکده اقلیم شناسی و تغییر اقلیم مشهد	کارشناسی: مهندسی کشاورزی- زراعت کارشناسی ارشد: هواشناسی کشاورزی دکتری: هواشناسی کشاورزی	از طرف ح
۳	همکار طرح	مهدی رهنما	پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو	کارشناسی: منابع طبیعی و محیط زیست کارشناسی ارشد: سنجش از دور دکتری: سنجش از دور	از طرف ح
۴	همکار طرح	یاشار فلامرزی	پژوهشکده اقلیم شناسی و تغییر اقلیم مشهد	کارشناسی: مهندسی کشاورزی- آبیاری و زهکشی کارشناسی ارشد: مهندسی کشاورزی-آبیاری و زهکشی دکتری: مهندسی منابع آب	از طرف ح
۵	همکار طرح	علیرضا فخر واعظی	مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین	کارشناسی ارشد زراعت	از طرف ح

از طرف ح	کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی	شرکت آب منطقه ای قزوین	محمد یاری یان	همکار طرح	۶
از طرف ح	فوق لیسانس مبارزه با علف های هرز	سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین	جعفر رحیمی	همکار طرح	۷