

برآورد پتانسیل‌های بیوفیزیکال در محدوده شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین با استفاده از مدل‌های گیاهی DSSAT

بهنام آبابایی^{۱*}، فرهاد میرزایی^۲ و تیمور سهرابی^۳

چکیده

در این پژوهش، پتانسیل‌های بیوفیزیکال محصولات زراعی در محدوده اراضی شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین ارزیابی شد. پس از ترسیم واحدهای اراضی، شبیه‌سازی رشد و تولید محصولات زراعی مورد بررسی با مدل‌های گیاهی بسته نرم‌افزاری DSSAT انجام شد. در این شبیه‌سازی برای هر محصول، دو رژیم آبیاری (معرف آبیاری سطحی و تحت فشار) به همراه ۲ تا ۳ تاریخ کشت مختلف در نظر گرفته شد. تحلیل نتایج نشان از تفاوت عملکرد محصولات در تیمارهای مختلف تاریخ کشت و رژیم‌های آبیاری بود. در بین محصولات عمده منطقه، مقدار ضریب تغییرات مکانی گندم و جو در سطح متوسط قرار دارد، در حالیکه محصول ذرت دانه‌ای دارای مقدار کوچک‌تر ضریب تغییرات است. در ارتباط با محصولاتی مانند گوجه‌فرنگی، پنبه و سویا، اختلاف زیادی بین عملکرد محصول در واحدهای مختلف اراضی وجود دارد و این مسأله باید در تعیین الگوی کشت این مناطق مورد توجه قرار گیرد. شاخص ضریب تغییرات زمانی محصولات نیز می‌تواند به عنوان شاخصی از ریسک موجود در ارتباط با کاشت این محصولات مورد توجه قرار گیرد. نتایج این بررسی، اطلاعات ورودی لازم برای یک مدل پشتیبان برنامه‌ریزی مکانی را فراهم می‌کند.

واژه‌های کلیدی: ایران، برنامه‌ریزی، ریسک، شبیه‌سازی، واحدهای اراضی.

ارجاع: آبابایی ب. میرزایی ف. و سهرابی ت. ۱۳۹۵. برآورد پتانسیل‌های بیوفیزیکال در محدوده شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین با استفاده از مدل‌های گیاهی DSSAT. مجله پژوهش آب ایران. ۲۲: ۱۶۹-۱۷۴.

۱- پژوهشگر همکار، مؤسسه ملی تحقیقات کشاورزی فرانسه (INRA-SupAgro)، مون‌پلیه، فرانسه.
۲- استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.
۳- استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

* نویسنده مسئول: behnam.ab@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۱۸

مقدمه

می‌کنند. پارامترهای گیاهی بر اساس اطلاعات گردآوری شده، واسنجی شدند. در مورد محصولاتی که اطلاعات کافی برای واسنجی پارامترهای گیاهی آن‌ها در اختیار نبود، از بانک اطلاعاتی مدل که ضریب‌های گیاهی آن‌ها به ضریب‌های گیاهی ارقام مورد کاشت در منطقه مطالعاتی نزدیک است، استفاده شد.

ترسیم واحدهای اراضی

شبکه اطلاعات هواشناسی منطقه با روش چندضلعی‌های تیسن (تیسن و آلتز، ۱۹۱۱) ترسیم شدند. واحدهای اراضی (LUs)، با برهم‌نهی نقشه‌های خاک‌شناسی (کلاس‌های خاک) و شبکه اطلاعات هواشناسی با استفاده از امکانات سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ترسیم شدند.

واسنجی مدل‌های گیاهی

ضریب‌های گیاهی مدل‌ها برای چهار محصول عمده مورد کشت در منطقه (گندم، جو، ذرت دانه‌ای و گوجه‌فرنگی) با استفاده از اطلاعات مزارع آزمایشی در سطح منطقه و مناطق مجاور واسنجی شدند (آبابایی، ۱۳۹۱).

محاسبه نیاز آبی محصولات DSSAT

برای برآورد نیاز آبیاری تیمارهای آبیاری سطحی (SR) و آبیاری تحت فشار (SP)، عمق پایش خاک و درصد کمبود رطوبت برای تعیین خودکار زمان و عمق آبیاری محصولات مختلف تعیین شد. برای تمامی تیمارهای کشت، ۳۰ میلی‌متر آبیاری اولیه (خاکاب) در زمان کاشت در نظر گرفته شد. فقط ذرت علوفه‌ای ۲ به عنوان کشت دوم بعد از برداشت گندم و جو در نظر گرفته شده است. برای شبیه‌سازی عملکرد محصولات، برای هر محصول حداقل دو تاریخ کشت متفاوت در نظر گرفته شد (جدول ۱).

نتایج و بحث

شکل ۱ و شکل ۲، مقدار میانگین و ضریب تغییرات زمانی عملکرد هر یک از تیمارهای کشت برای برخی محصول جو و گندم را نشان می‌دهند. بیشترین متوسط ضریب تغییرات زمانی مربوط به تیمار گوجه‌فرنگی (TM-01-SR)، برابر با ۳۹٪ و کمترین متوسط ضریب تغییرات زمانی مربوط به چند تیمار از ذرت علوفه‌ای یک و دو (از جمله MZ-02-SR برابر با ۶٪) است. با توجه به اهمیت ۳ محصول عمده منطقه

تحلیل منابع بیوفیزیکال، بخش عمده‌ای از برنامه‌ریزی کشاورزی و تدوین سیاست‌های این بخش است. تحلیل کمی منابع بیوفیزیکال، در مقیاس‌های مکانی مختلفی انجام می‌شود، مثل پلات، مزرعه، منطقه یا جهان (ونکولن، ۲۰۰۷). در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، منابع طبیعی توسط کشاورزان بیش از حد استفاده می‌شوند (لال، ۲۰۰۹) که این مسأله در کنار خشکسالی و تغییر اقلیم، سبب کاهش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی می‌شود (فرهادی بانسوله، ۲۰۰۹). بنابراین، نیاز است که کاربری‌های اراضی مناسب مشخص شده و نهاده‌های لازم برای تولیدات پایدار کشاورزی تعیین شوند. در این بررسی، با استفاده از مدل‌های اگرواکولوژیک، مقدار محصولات کشاورزی تحت شرایط پتانسیل و تحت رژیم‌های مختلف آبیاری برای تمامی واحدهای اراضی برآورد می‌شود. نتایج این مطالعه، ورودی‌های لازم برای تخمین ضریب‌های تکنیکال در یک مدل برنامه‌ریزی را فراهم می‌کنند (آبابایی، ۱۳۹۱). ترکیب امکانات GIS و مدل‌های شبیه‌ساز رشد، فرصت مناسبی را برای تحلیل‌های مکانی منابع بیوفیزیکال منطقه و تخمین میزان محصول تولیدی ایجاد کرده‌اند (بادینی و همکاران، ۱۹۹۷؛ بوما، ۱۹۹۷ و وو و همکاران، ۲۰۰۶).

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی

در این پژوهش، شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین، به مساحت خالص حدود ۵۸۰۰۰ هکتار که ۵۰٪ از آن به کشت پاییزه (غلات)، ۱۵ تا ۲۵٪ به کشت بهاره (با نیاز آب در تابستان) و ۲۵ تا ۳۵٪ به آیش اختصاص می‌یابد بررسی شد.

روش بررسی

مناطق مستعد کشاورزی، به واحدهای همگن (واحدهای اراضی، LU) تقسیم‌بندی شدند (آبابایی و همکاران، ۲۰۱۴). مقدار عملکرد پتانسیل تیمارها، نیاز آبی و کوددهی واحدهای اراضی با استفاده از بسته نرم‌افزاری DSSAT نسخه ۴/۰ و ۴/۵ برآورد شد. این بسته شامل ۲۰ مدل گیاهی است که تولید زیست‌توده را بر اساس مرحله رشد فنولوژیک گیاه و زیرمدل‌ها، بیلان آب و انتقال نیتروژن (N) در خاک و جذب آب و نیتروژن با گیاه را شبیه‌سازی

گندم، جو و ذرت دانه‌ای) در این بخش به تحلیل بیشتر نتایج این محصولات پرداخته می‌شود. شکل ۱ متوسط عملکرد و ضریب تغییرات زمانی تیمارهای محصول جو را نشان می‌دهد. بیشترین متوسط عملکرد مربوط به تیمارهای BA-01 است که زودتر کشت می‌شوند. همچنین در بین تیمارهای آبیاری سطحی و آبیاری بارانی اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود که دلیل آن را می‌توان مقاومت جو در برابر خشکی و عدم واکنش معنی‌دار آن به تیمارهای آبیاری دانست (فرهادی‌بانسوله، ۱۳۷۷). در ارتباط با ضریب تغییرات زمانی، تیمارهای BA-01 دارای تغییرات زمانی کمتری هستند. ضریب تغییرات مکانی عملکرد جو برای تمامی تیمارها در حدود ۰/۱۵ برآورد شده است. کمترین عملکرد جو مربوط به دو واحد ۱ و ۱۵ است که در مجموع کمتر از ۰/۷٪ از کل اراضی شبکه را به خود اختصاص می‌دهند. خاک این واحدها درشت‌دانه، شامل درصد زیادی سنگ‌ریزه در لایه‌های سطحی و دارای درصد کم مواد آلی و

نیتروژن است. ظرفیت نگهداری رطوبت در این خاک‌ها کم بوده و جذب آب با گیاه و تولید ماده خشک در این واحدها تحت تأثیر الگوی بارش و آبیاری است. شکل ۲ متوسط عملکرد و ضریب تغییرات زمانی تیمارهای محصول گندم را نشان می‌دهد. بیشترین متوسط عملکرد مربوط به تیمارهای WH-01 است که یک‌ماه زودتر کشت می‌شوند. در بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود که دلیل آن را می‌توان مقاومت گندم در برابر خشکی و عدم واکنش معنی‌دار آن به تیمارهای آبیاری دانست (گلکار حمزئی یزدی، ۱۳۷۷). در ارتباط با ضریب تغییرات زمانی، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کشت گندم مشاهده نمی‌شود. ضریب تغییرات مکانی عملکرد گندم برای تیمارهای تاریخ کشت WH-01 و WH-02 در حدود ۰/۱۳ و ۰/۱۷ برآورد شده است. مشابه با محصول جو، کمترین عملکرد گندم مربوط به دو واحد ۱ و ۱۵ است.

جدول ۱- مشخصات تیمارهای مطالعاتی (تاریخ‌های کاشت و میزان نیتروژن مصرف شده)

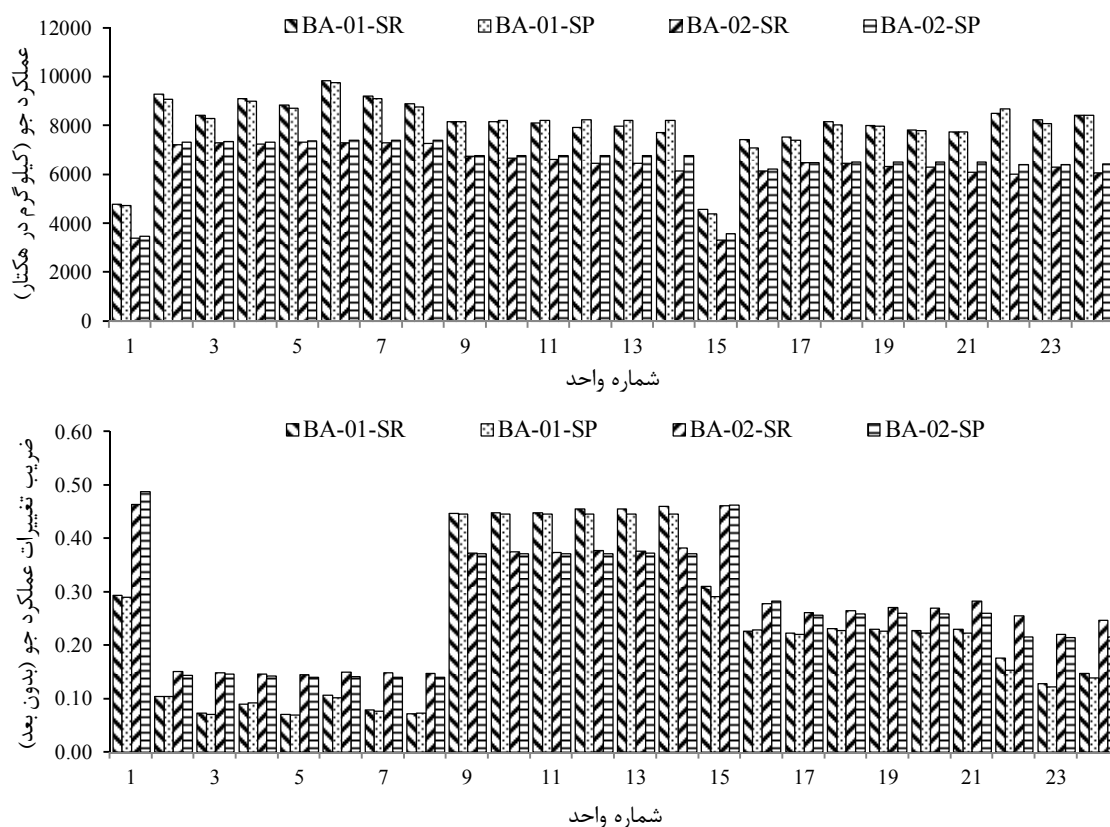
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)		اولین تاریخ کاشت	نام تیمار	نام محصول
مجموع	الگوی کوددهی			
۱۴۰	۵۰-۹۰	۲۰۰۱/۱۱/۰۱	WH-01	گندم
۱۴۰	۵۰-۹۰	۲۰۰۱/۱۲/۰۱	WH-02	
۹۰	۳۰-۶۰	۲۰۰۱/۱۱/۰۱	BA-01	جو
۹۰	۳۰-۶۰	۲۰۰۱/۱۲/۰۱	BA-02	
۱۷۰	۵۰-۶۰-۶۰	۲۰۰۱/۰۵/۰۱	MZ1-01	ذرت علوفه ای ۱
۱۷۰	۵۰-۶۰-۶۰	۲۰۰۱/۰۵/۲۰	MZ1-02	
۱۷۰	۵۰-۶۰-۶۰	۲۰۰۱/۰۶/۱۰	MZ2-01	ذرت علوفه ای ۲
۱۷۰	۵۰-۶۰-۶۰	۲۰۰۱/۰۷/۰۱	MZ2-02	
۱۶۰	۵۰-۵۰-۶۰	۲۰۰۱/۰۵/۰۱	CR-01	ذرت دانه‌ای
۱۶۰	۵۰-۵۰-۶۰	۲۰۰۱/۰۵/۲۰	CR-02	
۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰۱/۰۵/۰۱	CT-01	پنبه
۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰۱/۰۵/۲۰	CT-02	
۱۴۰	۴۰-۱۰۰	۲۰۰۱/۰۵/۰۱	SG-01	سورگوم
۱۴۰	۴۰-۱۰۰	۲۰۰۱/۰۵/۲۰	SG-02	
۱۴۰	۴۰-۴۰-۶۰	۲۰۰۱/۰۴/۱۰	TM-01	گوجه فرنگی
۱۴۰	۴۰-۴۰-۶۰	۲۰۰۱/۰۵/۱۰	TM-02	
۱۲۵	۱۲۵	۲۰۰۱/۰۳/۱۰	PT-01	سیب زمینی
۱۲۵	۱۲۵	۲۰۰۱/۰۴/۱۰	PT-02	
۱۲۵	۱۲۵	۲۰۰۱/۰۵/۱۰	PT-03	
۲۰	۲۰	۲۰۰۱/۰۶/۰۱	SY-01	سویا
۲۰	۲۰	۲۰۰۱/۰۷/۰۱	SY-02	

معنی‌داری بین تیمارهای کشت از نقطه‌نظر ضریب تغییرات مکانی وجود ندارد. نتیجه مشابهی در ارتباط با ذرت‌دانه‌ای قابل دریافت است. برای جزئیات بیشتر در ارتباط با روش پژوهش و نتایج، به مراجع شماره ۱ و ۴ مراجعه نمایید.

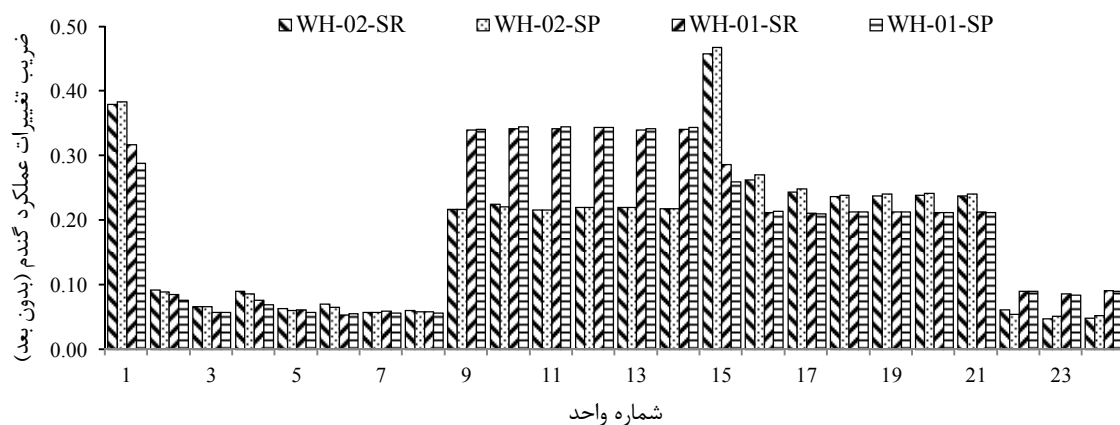
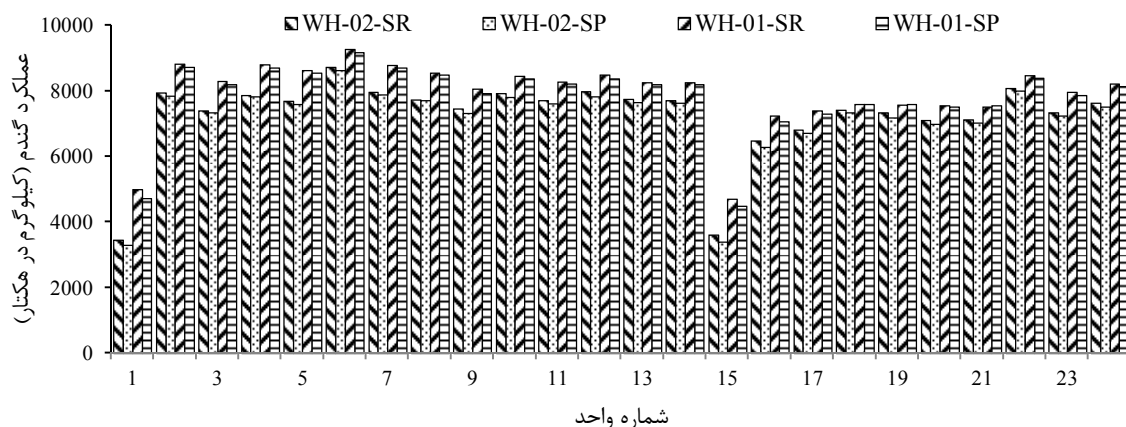
نتیجه‌گیری

تحلیل نتایج نشان از تفاوت عملکرد محصولات در تیمارهای مختلف تاریخ کشت و رژیم‌های مختلف آبیاری است. در بین محصولات عمده منطقه، مقدار ضریب تغییرات مکانی گندم و جو در سطح متوسط قرار دارد، در حالیکه محصول ذرت دانه‌ای دارای مقدار کوچک‌تر ضریب تغییرات است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که در ارتباط با محصولاتی مانند گوجه‌فرنگی، پنبه و سویا، اختلاف زیادی بین عملکرد محصول در واحدهای مختلف اراضی وجود دارد و این مسأله باید در تعیین الگوی کشت این مناطق مورد توجه قرار گیرد. شاخص ضریب تغییرات زمانی محصولات نیز می‌تواند به عنوان شاخصی از ریسک موجود در ارتباط با کاشت این محصولات مورد توجه قرار گیرد.

در ارتباط با ذرت دانه‌ای، بیشترین متوسط عملکرد مربوط به تیمارهای آبیاری سطحی است. همچنین در بین تیمارهای تاریخ کشت عملکرد تیمارهای CR-01 بیشتر از تیمارهای CR-02 است که ۲۰ روز دیرتر کشت می‌شوند. دلیل این مسأله، وقوع بارندگی بیشتر در ابتدای ماه می (اردیبهشت) در مقایسه با انتهای آن (ابتدای خرداد) است. در ارتباط با ضریب تغییرات زمانی، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کشت ذرت دانه‌ای مشاهده نمی‌شود (در حدود ۰/۱۱). ضریب تغییرات مکانی عملکرد ذرت دانه‌ای در تیمارهای CR-01 (۰/۰۸) تا حدودی کمتر از تیمارهای تاریخ کشت CR-02 (۰/۱) برآورد شده است. کمترین عملکرد ذرت دانه‌ای مربوط به دو واحد ۱ و ۱۵ و در مورد تیمار CR-02-SP مربوط به واحد ۱۷ است که از نظر بافت خاک، مشابه واحدهای ۱ و ۱۵ است. جدول ۲، خلاصه‌ای از نتایج شبیه‌سازی عملکرد محصولات را برای کلیه تیمارهای کشت نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این جدول، بیشترین ضریب تغییرات مکانی مربوط به تیمار گوجه‌فرنگی (تیمار TM-02-SR برابر با ۰/۲۷) و کمترین ضریب تغییرات مکانی مربوط به تیمار سیب‌زمینی (PT-01-SR برابر با ۰/۴) است. در ارتباط با محصول جو، اختلاف



شکل ۱- میانگین و ضریب تغییرات زمانی عملکرد پتانسیل جو



شکل ۲- میانگین و ضریب تغییرات زمانی عملکرد پتانسیل گندم

جدول ۲- خلاصه نتایج تیمارهای مختلف کشت

ذرت دانه‌ای				جو				
CR-02-SP	CR-02-SR	CR-01-SP	CR-01-SR	BA-02-SP	BA-02-SR	BA-01-SP	BA-01-SR	
۱۰۹۶۳	۱۱۵۳۷	۱۱۷۵۰	۱۱۳۸۹	۳۴۶۹	۳۳۱۱	۴۴۰۵	۴۵۶۹	Min
۱۳۲۲۷	۱۴۴۰۴	۱۳۸۳۰	۱۴۷۶۵	۶۵۵۵	۶۳۷۷	۸۰۱۷	۸۰۴۳	Mean
۱۶۱۳۱	۱۷۳۰۶	۱۶۵۳۸	۱۷۵۶۶	۷۳۹۷	۷۳۲۵	۹۷۷۲	۹۸۵۴	Max
۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۵	Cv
ذرت علوفه ای ۲				ذرت علوفه ای ۱				
MZ2-02-SP	MZ2-02-SR	MZ2-01-SP	MZ2-01-SR	MZ1-02-SP	MZ1-02-SR	MZ1-01-SP	MZ1-01-SR	
۸۰۱۰۳	۷۹۱۱۵	۸۲۰۱۴	۸۳۳۵۱	۸۰۰۴۱	۷۷۴۶۰	۷۷۳۴۵	۷۴۷۳۳	Min
۸۸۹۲۲	۹۳۶۰۰	۹۰۸۷۵	۹۴۶۷۴	۸۷۸۵۰	۹۳۱۷۲	۸۸۰۴۰	۹۱۸۵۵	Mean
۱۰۳۲۵۴	۱۰۹۵۰۱	۱۰۶۴۵۶	۱۱۳۳۴۳	۱۰۰۸۵۷	۱۰۷۱۵۵	۹۹۵۳۶	۱۰۴۶۸۴	Max
۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۷	Cv
سیب زمینی								
PT-03-SP	PT-03-SR	PT-02-SP	PT-02-SR	PT-01-SP	PT-01-SR			
۱۸۶۳۵	۲۴۰۱۲	۲۶۰۲۸	۲۸۵۳۴	۳۲۷۴۴	۲۵۷۴۴	Min		
۲۵۲۸۱	۳۰۰۹۳	۳۰۱۸۰	۳۴۰۷۴	۳۷۵۰۰	۳۹۳۲۵	Mean		
۳۲۵۱۸	۳۵۹۴۹	۳۶۷۳۱	۳۹۷۸۱	۴۱۸۳۳	۴۲۳۲۵	Max		
۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۴	Cv		

ادامه جدول ۲-

گندم				گوجه فرنگی				
WH-02-SP	WH-02-SR	WH-01-SP	WH-01-SR	TM-02-SP	TM-02-SR	TM-01-SP	TM-01-SR	
۳۲۹۷	۳۴۵۳	۴۴۹۸	۴۷۰۶	۲۸۹۳۶	۱۴۳۷۹	۴۶۸۶۳	۲۶۴۴۲	Min
۷۱۶۱	۷۲۶۹	۷۸۴۶	۷۹۳۲	۵۹۹۵۹	۵۰۲۰۹	۷۴۶۱۳	۶۵۸۵۰	Mean
۸۶۴۴	۸۷۳۲	۹۱۹۴	۹۲۷۶	۷۳۰۴۹	۶۸۴۱۴	۹۷۴۶۷	۹۰۱۶۷	Max
۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۲۵	Cv
سورگوم				پنبه				
SG-02-SP	SG-02-SR	SG-01-SP	SG-01-SR	CT-02-SP	CT-02-SR	CT-01-SP	CT-01-SR	
۶۴۵۷	۵۶۴۲	۶۶۱۶	۶۱۲۸	۳۳۶۶	۱۱۹۲	۳۵۱۶	۱۲۲۶	Min
۷۹۵۸	۸۱۶۴	۷۶۹۹	۷۹۸۰	۴۰۷۷	۴۰۳۴	۴۱۹۸	۴۱۹۸	Mean
۸۹۴۹	۹۳۳۰	۸۷۶۱	۹۱۶۵	۴۷۲۵	۴۸۶۶	۴۷۶۲	۴۹۵۲	Max
۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۲۱	۰/۰۸	۰/۲۰	Cv
				سویا				
				SY-02-SP	SY-02-SR	SY-01-SP	SY-01-SR	
Min: حداقل عملکرد در بین واحدهای اراضی (کیلوگرم در هکتار)				۱۹۱۴	۸۹۶	۲۲۶۹	۱۲۶۹	Min
Max: حداکثر عملکرد در بین واحدهای اراضی (کیلوگرم در هکتار)				۳۲۲۹	۲۷۶۱	۴۰۰۷	۳۵۱۹	Mean
Mean: متوسط عملکرد در بین واحدهای اراضی (کیلوگرم در هکتار)				۳۷۸۱	۳۶۵۶	۴۶۷۰	۴۵۴۴	Max
Cv: ضریب تغییرات مکانی عملکرد محصولات				۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۲۱	Cv
نسبت انحراف استاندارد مقادیر میانگین عملکرد								
هر تیمار در همه واحدها به میانگین این مقادیر)								

- Bouma J. 1997. The role of quantitative approaches in soil science when interacting with stakeholders. *Geoderma*. 78(1-2): 1-12.
- Farhadi Bansouleh B. 2009. Development of a spatial planning support system for agricultural policy formulation related to land and water resources in Borkhar & Meymeh district Iran. Ph.D dissertation. International Institute for Geo-information Science & Earth Observation (ITC) Enschede the Netherlands. 267 p.
- Lal R. 2009. Soils and world food security. *Soil and Tillage Research*. 102(1): 1-4.
- Thiessen A. H. and Alter J. C. 1911. Precipitation for large areas. *Monthly Weather Review*, 39: 1082-1084.
- Van Keulen H. 2007. Quantitative analyses of natural resource management options at different scales. *Agricultural Systems*. 94(3): 768-783.
- Wu D. Q. Yu C. Lu and Hengsdijk H. 2006. Quantifying production potentials of winter wheat in the North China Plain. *European Journal of Agronomy*. 24(3): 226-235.

منابع

- آبایی ب. ۱۳۹۱. توسعه و کاربرد سامانه پشتیبان برنامه‌ریزی برای ارزیابی راهکارهای مدیریت منابع آب و خاک جهت سازگاری با تغییر اقلیم. رساله دکتری، دانشگاه تهران، ۳۲۷ ص.
- فرهادی بانسوله ب. ۱۳۷۷. بررسی اثر کم آبیاری بر روی عملکرد محصول جو در منطقه کرج و تعیین تابع تولید. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۲۰ ص.
- گلکار حمزئی یزد ح. ۱۳۷۷. تعیین تابع تولید محصول گندم و مطالعه اثر تنش آبی بر عملکرد در منطقه کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۲۲ ص.
- Ababaei B. Sohrabi T. M. and Mirzaei F. 2014. Development and application of a planning support system to assess strategies related to land and water resources for adaptation to climate change. *Climate Risk Management*. 6(2014): 39-50.
- Badini O. Stockle C. O. and Franz E. H. 1997. Application of crop simulation modeling and GIS to agroclimatic assessment in Burkina Faso. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 64(3): 233-244.