

بررسی تاثیر دو متغیر مهم اقلیمی بر عملکرد و خطرپذیری تولید محصول گندم دیم با استفاده از الگوهای مبتنی بر گشتاور

ابراهیم انسان، حبیب اله سلامی، ایرج صالح و غلامرضا پیکانی ماچانی^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۹

چکیده

عملکرد محصول‌های کشاورزی و خطرپذیری آن وابسته به شرایط اقلیمی است. پیش بینی‌ها از تغییرپذیری‌های اقلیمی در سطح جهان و خاورمیانه حکایت از بدتر شدن شرایط اقلیمی برای کشت محصول‌های کشاورزی می‌کند. از این رو بررسی چگونگی اثرگذاری متغیرهای اقلیمی بر عملکرد و ریسک تولید محصول‌های مختلف مورد توجه تولیدکنندگان و سیاست‌گذاران کشاورزی می‌باشد. این بررسی تلاش داشته تا پیامدهای تغییر در فراسنجه‌های اقلیمی را بر عملکرد و ریسک تولید گندم دیم در مشهد بررسی کند. در این راستا، از اطلاعات دوره زمانی سالانه عملکرد گندم دیم و اطلاعات اقلیمی ماهانه در سطح شهرستان مشهد طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۶ برای تعیین تابع‌های توزیع احتمال شرطی عملکرد گندم با استفاده از الگوهای رگرسیونی مبتنی بر گشتاور استفاده شده است. پس از آن، تابع توزیع احتمال غیر شرطی از روی تابع‌های احتمال شرطی به دست آورده شده است. در نهایت، با استفاده از روش شبیه سازی تاثیر تغییرپذیری‌ها در فراسنجه‌های آب و هوایی بر عملکرد و واریانس توزیع احتمال عملکرد بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که متغیر عامل بارندگی در مرحله دوم رشد رویشی و در مرحله جوانه زنی، کل بارش سالانه و شمار روزهای با دمای زیر صفر درجه سلسیوس در مرحله خواب گیاه بیشترین تاثیر را بر عملکرد و ریسک عملکرد گندم دیم در شهرستان مشهد دارند. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که میانگین عملکرد بین $21/40+$ و $20/49-$ درصد نسبت به میانگین عملکرد در حالت پایه بسته به اینکه شرایط خوب یا بد آب و هوایی غالب باشد در نوسان خواهد بود. افزون بر این، با توجه به روند افزایشی میانگین دمای سالانه و روند کاهشی مجموع بارش سالانه طی ۲۶ سال گذشته در شهرستان مشهد، کاهش میانگین عملکرد و افزایش ریسک آن در سال‌های آینده موردانتظار است. بنابراین، بهبود کمی و کیفی رقم‌های بذر مناسب با شرایط جدید و یا پیدا کردن محصول جایگزین مناسب می‌تواند به عنوان یک راهکار برای رویارویی با چالش تغییر اقلیم در این منطقه پیشنهاد و تاکید شود.

طبقه بندی JEL: C15, C32, N55, Q54

واژگان کلیدی: میانگین عملکرد، ریسک عملکرد، گندم دیم، متغیرهای اقلیمی، الگوهای مبتنی بر گشتاور

^۱ به ترتیب دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، استاد و دانشیاران گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران.

مقدمه

تولید محصول‌های کشاورزی به ویژه محصول‌های زراعی به دلیل وابستگی به شرایط اقلیمی، همواره پرخطر و همراه با ریسک می‌باشد. بر این مبنا انتظار می‌رود رخداد پدیده تغییر اقلیم با مشخصه کاهش بارش‌ها، افزایش دما و افزایش رخداد پدیده‌های حدی اقلیمی در آینده آن گونه که برای ایران توسط IPCC (2007) پیش بینی شده است پیامدهای زیانباری برای بخش کشاورزی و به ویژه زیربخش زراعت کشور به همراه داشته باشد. قرار گرفتن ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک و همچنین کمبود ریزش‌های جوی و توزیع نامناسب زمانی و مکانی آن‌ها در کشور، مزید بر علت شده و سبب بروز نوسان در عملکرد محصول‌های کشاورزی می‌شود (Tahamipour Zarandi, 2013). نتایج بررسی‌های پیشین نیز نشان داده‌اند تغییر اقلیم نه تنها بر عملکرد که بر واریانس عملکرد نیز تاثیر می‌گذارد (Tack et al., 2012; Tack & Ubilava, 2013; Tack et al., 2014; Siameh, 2016; Tack et al., 2018). به عبارت دیگر، تغییر اقلیم افزون بر تاثیرگذاری بر میزان عملکرد محصول بر ریسک تولید نیز اثرگذار می‌باشد و در نتیجه درآمد تولیدکنندگان را با مخاطره‌های بیشتری روبه‌رو می‌کند. لذا، بررسی همزمان تاثیر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد و ریسک محصول‌های کشاورزی به‌ویژه محصول‌های دیم که بیشتر به متغیرهای اقلیمی وابسته می‌باشند بسیار با اهمیت می‌باشد.

یکی از محصول‌های پر اهمیت و راهبردی در ایران گندم می‌باشد. بنا بر آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی گندم دیم رتبه اول سطح زیر کشت و رتبه دوم میزان تولید را در میان محصول‌های زراعی به خود اختصاص داده است (Ministry of Jihad Keshavarzi, 2017a). بررسی اطلاعات عملکرد گندم دیم طی ۱۰ سال گذشته در سطح کشور نشان می‌دهد استان خراسان رضوی با عملکرد میانگین ۴۶۷ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را در میان استان‌های تولیدکننده گندم دیم به خود اختصاص داده است (Ministry of Jihad Keshavarzi, 2017a). همان‌طور که Janat Sadeghi et al. (2018) نیز ابراز کرده‌اند عملکرد محصول گندم دیم در استان خراسان رضوی به شدت تحت تاثیر متغیرهای اقلیمی قرار دارد. از این رو انتظار می‌رود چنانچه تاثیر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد و ریسک این محصول در استان خراسان رضوی قابل توجه باشد بخش قابل توجهی از زمین‌ها در عمل بدون استفاده باقی بماند. لذا، بررسی این پدیده در استان

بررسی تأثیر دو متغیر... ۵۵

خراسان رضوی و به ویژه شهرستان مشهد که عملکردی حتی کم‌تر از میانگین استان دارد (میانگین ۳۶۲ کیلوگرم در هکتار طی ۱۰ سال گذشته) با اهمیت می‌باشد. هدف این بررسی نیز روشن کردن میزان اثرپذیری عملکرد گندم و نوسان‌های آن از تغییرپذیری‌ها در دما و میزان بارندگی در مرحله‌های مختلف رشد این محصول در شهرستان مشهد می‌باشد.

مروری بر نتایج بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که عمده بررسی‌های موجود تنها تأثیر تغییر شرایط اقلیمی را بر عملکرد محصول سنجیده‌اند. برای مثال، تأثیر کمینه و بیشینه دما در مرحله رسیدگی کامل گندم در بررسی‌های (Kaboosi and Majidi (2017) ارزیابی شده است. یا بیشینه و کمینه دما در مرحله سه برگی شدن و کمینه دما در زمان سنبله دهی یا گلدهی گندم در بررسی‌های (Zarkani et al. (2014) ارزیابی شده است. تأثیر متغیرهای مجموع بارش در مرحله اول رشد رویشی، نسبت بارش بهار به کل سال، مجموع بارش در زمان پرشدن دانه (مرحله زایشی)، مجموع بارش در زمان برداشت و شاخص عامل بارندگی بهار^۱ در بررسی‌های Tahamipour Zarandi (2013) ارزیابی شده است. اختلاف دمای کمینه و بیشینه در مرحله زایشی در بررسی‌های (Feizizadeh et al. (2013 و Mohamadnia Ghorabi et al. (2013، میانگین دمای زمستان در بررسی‌های (Balyani et al. (2012، مجموع بارش زمستانه، اختلاف دمای کمینه و بیشینه در مرحله خواب در بررسی‌های (Farajzadeh Asl et al. (2009، کمینه و بیشینه دما در زمان سنبله دهی یا گلدهی در بررسی‌های (Koochaki and Nasiri (2008، کمینه و بیشینه دما در مرحله رسیدگی کامل در بررسی‌های (Sari Saraf et al. (2009، میانگین دمای بهار در بررسی‌های (Liangzhi et al. (2005، میانگین رطوبت نسبی در مرحله کاشت تا جوانه زنی در بررسی‌های (Darijani et al. (2008، مجموع بارش پاییزه، شمار روزهای دارای بارندگی در مرحله اول رشد رویشی، مجموع بارش بهار، شمار روزهای دارای بارندگی در زمان رسیدگی کامل، شمار روزهای با دمای صفر و زیر صفر درجه در مرحله کاشت تا جوانه زنی در بررسی‌های (Azizi and Yarahmadi (2003)، بر عملکرد محصول گندم ارزیابی و تایید شده است.

^۱ عامل بارندگی شاخصی است که از نسبت مجموع بارش یک دوره به میانگین دمای همان دوره محاسبه می‌شود.

شمار بسیار اندکی از بررسی‌های خارجی به ارزیابی اثرگذاری‌های تغییرهای اقلیمی بر توزیع احتمال عملکرد محصول‌های کشاورزی و گشتاورهای آن پرداخته‌اند. برای مثال، Tack et al. (2012) به بررسی تاثیر افزایش یک درجه سلسیوس دما در سه ایالت آمریکا روی شکل تابع توزیع عملکرد پنبه آبی و دیم در چارچوب روش‌های حداکثر آنتروپی مبتنی بر گشتاور (MBME)^۱ پرداخته است. نتایج این بررسی نشان داد یک درجه افزایش دما در طول فصل رشد محصول پنبه موجب کاهش ۱۵ درصد میانگین عملکرد و ۲۱ درصد واریانس عملکرد محصول در زمین‌های آبی و دیم شده است. (Tack and Ubilava (2013) به بررسی اثرگذاری‌های شرایط نوسان‌های ال نینو، لائینا و خنثی روی شکل تابع توزیع عملکرد ذرت طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۵۰ با استفاده از رویکرد حداکثر آنتروپی مبتنی بر گشتاور در آمریکا پرداختند. با تعیین توزیع احتمال عملکرد مشروط به رژیم‌های ENSO نتیجه گرفته شد نوسان‌های جنوبی ال نینو اثرگذاری‌های قوی و ساختارمند بر عملکرد محصول در منطقه‌های مختلف دارد. (Tack et al. (2014) با به کارگیری روش مبتنی بر گشتاور^۲ (Antle (1983 and 2010) به بررسی اثرگذاری‌های تغییرپذیری‌های دما و بارش بر توزیع عملکرد رقم‌های مختلف گندم در ایالت کانزاس آمریکا پرداخته است. نتایج این بررسی نشان داد که سناریوی یک درجه سلسیوس افزایش دما موجب ۱۱ درصد کاهش میانگین عملکرد، سناریوی کاهش ۱۰ درصد بارندگی باعث کاهش ۲۲ درصد عملکرد محصول و سناریوی ترکیبی گرمایش و خشکسالی موجب ۳۳ درصد کاهش عملکرد محصول می‌شود. البته میزان این تاثیرها در رقم‌های مختلف محصول متفاوت می‌باشد. ضمن اینکه در این بررسی نشان داده شد که همه‌ی سناریوهایی اعمال شده موجب افزایش ریسک عملکرد محصول شده‌اند.

روش تحقیق

میانگین و واریانس عملکرد محصول دو گشتاور^۳ اصلی (به ترتیب اول و دوم) تابع توزیع احتمال عملکرد یک محصول است. براین پایه، سنجش میزان اثرگذاری متغیرهای اقلیمی بر این دو متغیر به معنی اندازه گیری تغییر در متغیرهای اقلیمی روی تابع توزیع احتمال عملکرد محصول مورد

¹ Moment Based Maximum Entropy

² Moment Based Model

³ Moments

بررسی تأثیر دو متغیر... ۵۷

بررسی می‌باشد. در این حالت، بنا بر نظر Tack et al. (2014) رویکرد مبتنی بر گشتاور Antle (1983 and 2010) می‌تواند چارچوب مناسبی برای سنجش تأثیر متغیرهای اقلیمی بر توزیع احتمال عملکرد محصول باشد (Tack & Ubilava, 2013).

در رویکرد یاد شده در آغاز تابع‌های توزیع احتمال عملکرد مشروط به متغیرهای آب و هوایی تعیین می‌شود. آنگاه، تابع توزیع احتمال ترکیبی^۱ عملکرد از ترکیب موزون تابع‌های توزیع عملکرد مشروط استخراج می‌شود. در نهایت تابع توزیع احتمال ترکیبی برای محاسبه میانگین کل و واریانس کل به کار گرفته می‌شود.

الگوی توزیع ترکیبی عملکرد الگویی فراسنجه‌ای برای برآورد تابع توزیع احتمال غیر شرطی عملکرد است که بنا بر نظر Tolhurst and Ker (2015) مزیت‌های الگوهای فراسنجه‌ای و نافرسانجه‌ای را باهم دارا می‌باشد. بدین معنی که هم مشابه الگوهای نافرسانجه‌ای انعطاف کافی دارد هم اینکه مشابه الگوهای فراسنجه‌ای برای برآورد فراسنجه‌ها از فرم‌های تابعی معین استفاده کند. تابع توزیع احتمال ترکیبی عملکرد مربوط به یک نمونه به صورت ترکیب وزنی از تابع‌های توزیع احتمال عملکرد مشروط به متغیرهای اقلیمی طی دوره‌های معین تعریف می‌شود. برای مثال، اگر برای T سال داده‌های عملکرد محصولی مانند گندم در دسترس باشد آنگاه می‌توان یک تابع توزیع احتمال ترکیبی عملکرد غیرشرطی به صورت جمع موزون تابع‌های توزیع احتمال عملکرد مشروط به متغیرهای آب و هوایی با وزنهایی برابر با احتمال بروز هر یک از این دوره‌ها تعریف کرد (Tolhurst & Ker, 2015). رابطه (۱) این وضعیت را نشان می‌دهد.

$$f(y; \theta) = \sum_{t=1}^T \pi_t f_t(y; \theta_t), \quad \sum_{t=1}^T \pi_t = 1 \quad (1)$$

در رابطه (۱)، $f(\cdot)$ تابع توزیع احتمال ترکیبی برای عملکرد گندم دیم y ، ویژگی‌های تابع توزیع ترکیبی عملکرد شامل میانگین و واریانس، π_t احتمال مشاهده تابع توزیع احتمالی با ویژگی‌های θ_t در دوره t ام، $f_t(\cdot)$ تابع توزیع احتمال عملکرد مشروط به شرایط آب و هوایی در دوره t ام و θ_t ویژگی‌های (میانگین و واریانس) تابع توزیع احتمال عملکرد مشروط در دوره t ام، می‌باشند.

¹ Mixture Density Model

بنابر رابطه (۱)، برای استفاده از تابع‌های توزیع احتمال عملکرد ترکیبی در محاسبه میانگین کل و واریانس کل نیاز به برآورد دو مجموعه فراسنجه‌های $\theta_t = [\mu_t, \sigma_t]$ و π_t می‌باشد. فراسنجه‌های مربوط به ویژگی‌های تابع‌های توزیع احتمال عملکرد مشروط به متغیرهای آب و هوایی از طریق رویکرد مبتنی بر گشتاور و مقادیر احتمال مشاهده تابع‌های توزیع احتمال عملکرد مشروط به گونه-ای که توضیح داده می‌شود برآورد می‌شود.

برای تعیین مقادیر میانگین (μ_t) و واریانس (σ_t^2) هر یک از تابع‌های توزیع احتمال عملکرد شرطی طی دوره t دوره می‌بایست یک الگوی اقتصادسنجی به شرح زیر تعریف شود (Siameh, 2016; Tack et al., 2018):

$$ly_t = \alpha + x_{1t}\beta_1 + \dots + x_{kt}\beta_k + \varepsilon_t \quad (2)$$

در رابطه (۲)، ly_t لگاریتم طبیعی عملکرد گندم دیم برای مکان مورد بررسی در سال t ، α عرض از مبدأ، x_{kt} متغیر آب و هوایی k ام در سال t و β_k بیانگر اثرگذاری‌های متغیر آب و هوایی k ام بر لگاریتم عملکرد محصول می‌باشد. استفاده از فرم لگاریتمی برای متغیر وابسته برای این صورت می‌گیرد تا اطمینان حاصل شود که میانگین عملکرد پیش بینی شده محصول منفی نشود.

در رویکرد مبتنی بر گشتاور (Antle (1983)، واریانس عملکرد محصول (ε_t^2) نیز همانند میانگین عملکرد به صورت تابعی از همان متغیرهای آب و هوایی تعریف شده در الگوی میانگین (الگوی (۲)) بیان می‌شود. بنابراین، الگوی اقتصادسنجی واریانس عملکرد محصول به صورت رابطه (۳) ارائه می‌شود (Siameh, 2016; Tack et al., 2018). در واقع این الگو عامل‌های موثر بر نوسان‌های عملکرد را ارزیابی می‌کند.

$$\ln[y_t - E(y_t)]^2 = \delta + x_{1t}\gamma_1 + \dots + x_{kt}\gamma_k + \nu_t \quad (3)$$

در رابطه (۳)، δ عرض از مبدأ، γ_k بیانگر اثرگذاری‌های متغیر آب و هوایی k ام بر واریانس عملکرد محصول، y_t عملکرد مشاهده شده گندم دیم و $E(y_t)$ عملکرد پیش بینی شده می‌باشد که از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$E(y_t) = \exp(\alpha + x_{1t}\beta_1 + \dots + x_{kt}\beta_k) E(\exp(\varepsilon_t)) \quad (4)$$

بررسی تأثیر دو متغیر... ۵۹

الگوهای (۲) و (۳) الگوهایی خطی هستند که فراسنجه‌های آن‌ها با استفاده از روش OLS قابل برآورد می‌باشند.

البته الگوهای بالا تنها الگوهایی نیستند که برای تعیین میانگین و واریانس شرطی عملکرد استفاده می‌شوند. الگوهای خودتوضیح میانگین متحرک همراه با متغیرهای برونزا (ARMAX(p,0,q))^۱ نیز می‌توانند برای تعیین میانگین و واریانس شرطی عملکرد استفاده شوند. در واقع الگوهای آخر نوعی از رفتار پویایی را در خود جای می‌دهند که می‌توانند واقعیت‌های فرایند تولید را بهتر منعکس سازند. این الگوها با روش‌های حداکثر درست‌نمایی (ML)^۲ یا حداقل مربعات مشروط (CLS)^۳ قابل برآورد می‌باشند (Baillie, 1980). اینکه کدام الگوها در نهایت استفاده شود بستگی به قدرت توضیح دهنده‌گی آن‌ها و در نتیجه میزان خطای پیش‌بینی آن‌ها دارد که در عمل مشخص می‌شود. میانگین و واریانس مشروط عملکرد برای هر دوره (t) به صورت رابطه‌های (۵) تعریف می‌شود:

$$\begin{aligned}\mu_t &= E(y|\alpha + x_{1t}\beta_1 + \dots + x_{kt}\beta_k) \\ \sigma_t^2 &= E(y|\delta + x_{1t}\gamma_1 + \dots + x_{kt}\gamma_k)\end{aligned}\quad (5)$$

و مقادیر پیش‌بینی شده این کمیت‌ها با استفاده از فراسنجه‌های برآورد شده در الگوهای (۲) و (۳) و البته تعدیل‌هایی که بر روی آن‌ها انجام می‌شود^۴ به صورت رابطه (۶) بیان می‌شود.

$$\begin{aligned}\hat{\mu}_t &= \exp(\hat{\alpha} + x_{1t}\hat{\beta}_1 + \dots + x_{kt}\hat{\beta}_k) \hat{E}(\exp(\hat{\varepsilon}_t)) \\ \hat{\sigma}_t^2 &= \exp(\hat{\delta} + x_{1t}\hat{\gamma}_1 + \dots + x_{kt}\hat{\gamma}_k) \hat{E}(\exp(\hat{v}_t))\end{aligned}\quad (6)$$

در رابطه‌های (۶)، $\hat{E}(\cdot)$ میانگین ساده از مقادیر نمایی^۵ جزء اخلاص الگوهای (۲) و (۳) برای T دوره مشاهده‌ها است. $(\hat{\mu}_t, \hat{\sigma}_t^2)$ مقادیر میانگین و واریانس پیش‌بینی شده^۶ مشروط به شرایط آب و هوایی برای T دوره می‌باشد.

^۱ autoregressive– moving average model with exogenous variables

^۲ Maximum Likelihood

^۳ Conditional Least Squares

^۴ در شرایطی که متغیر وابسته دارای فرم لگاریتمی باشد مقدار متغیر وابسته پیش‌بینی شده $(\hat{\mu}_t)$ بایستی تعدیل شود.

برای این منظور دوان (۱۹۸۳) یک رویکرد نافرسانجه‌ای به عنوان برآورد smearing پیشنهاد کرده است که به صورت رابطه (۶) مقادیر $\hat{\mu}_t$ و $\hat{\sigma}_t^2$ را تعدیل می‌کند.

^۵ Exponentiated

^۶ Predicted

با در دست داشتن گشتاورهای اول و دوم مشروط به ویژگی‌های اقلیمی هر سال و با فرض فرم خاصی از توزیع احتمال برای مثال فرم نرمال، می‌توان به شمار دلخواه d عدد عملکرد برای هر سال از طریق شبیه سازی خلق کرد و در نهایت با وزن دادن به هر یک از این عددها تابع توزیع احتمال ترکیبی عملکرد را از روی بخش بالایی رابطه (۷) مشخص کرد (Tack et al., 2018).

$$f(y; \hat{\theta}) = \sum_{t=1}^T \pi_t f_t(y; \hat{\mu}_t, \hat{\sigma}_t) \quad (7)$$

$$f_t(y; \hat{\mu}_t, \hat{\sigma}_t) = \frac{1}{\sqrt{2\hat{\sigma}_t^2 \pi}} \exp\left[-\frac{(y - \hat{\mu}_t)^2}{2\hat{\sigma}_t^2}\right]$$

در رابطه (۷) بخش پائینی، تابع توزیع عملکرد مشروط به ویژگی‌های اقلیمی هر سال را نشان می‌دهد. بخش بالایی رابطه تابع توزیع ترکیبی که غیر مشروط نامیده می‌شود را بیان می‌کند که از وزن دهی به تابع‌های توزیع مشروط حاصل می‌شود.

با توجه به توضیح‌های بالا، اگر عملکردهای مشروط شبیه سازی شده با y_i^s نشان داده شود و احتمال رخداد هر یک از عملکردهای مشروط شبیه سازی شده با pr بیان شود، آنگاه میانگین کل برای تابع توزیع احتمال ترکیبی متشکل از $T*d$ مشاهده از رابطه (۸) محاسبه خواهد شد.

$$\mu = \sum_{i=1}^{T*d} pr_i * y_i^s \quad ; \quad \left(\sum_{i=1}^{T*d} pr_i = 1 \right) \quad (8)$$

واریانس تابع توزیع احتمال ترکیبی غیر شرطی با استفاده از قانون واریانس کل^۱ محاسبه می‌شود. برای محاسبه واریانس کل متغیر تصادفی عملکرد محصول مورد ارزیابی می‌بایست دو جزء واریانس میانگین‌های شرطی ($Var[E(y|\theta)]$) و میانگین واریانس‌های شرطی ($E[Var(y|\theta)]$) محاسبه شوند. پس از آن مقدار واریانس کل ($Var[y]$) به صورت رابطه (۹) محاسبه می‌شود (Billingsley, 1995).

$$\sigma^2 = Var[y] = Var[E(y|\theta)] + E[Var(y|\theta)] \quad (9)$$

بررسی تأثیر دو متغیر... ۶۱

برای سنجش تأثیر متغیرهای اقلیمی بر میانگین و واریانس محصول مورد ارزیابی، از تابع توزیع احتمال ترکیبی که طی مرحله‌های توضیح داده شده و با انجام شبیه‌سازی‌هایی شکل گرفت، استفاده می‌شود. این کار برای مثال با تغییر یک واحد در k امین متغیر آب و هوایی مورد نظر و تأثیر آن بر میانگین و واریانس‌های مشروط و به تبع آن بر میانگین و واریانس غیر مشروط (میانگین و واریانس تابع توزیع احتمال غیر مشروط) سنجش می‌شود.

با توجه به محدودیت مشاهده‌ها در این پژوهش برای شبیه‌سازی داده‌های تابع‌های چگالی احتمال از روش شبیه‌سازی مونت کارلو^۱ استفاده می‌شود. روش مونت کارلو برای شبیه‌سازی پدیده‌هایی که عدم قطعیت در ورودی‌های آن‌ها (در اینجا متغیرهای اقلیمی) وجود دارد نیز مناسب می‌باشد (Metropolis & Ulam, 1949).

مشخص کردن متغیرهایی که بتوانند بر میانگین و واریانس عملکرد موثر باشند مهم‌ترین کار در تبیین یک الگوی تجربی است. بنابر نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های مرور شده، تغییر متغیرهای اقلیمی مانند دما و بارش در ماه‌ها و فصل‌های مختلف سال اثرگذاری‌های متفاوتی بر عملکرد محصول گندم داریم دارند. لذا، تفکیک متغیرهای اقلیمی به دوره‌های مرتبط با مرحله‌های رشد محصول برای بررسی دقیق‌تر اثرگذاری‌های این متغیرها بر عملکرد و واریانس محصول بسیار با اهمیت است. با توجه به اطلاعات صندوق بیمه محصولات کشاورزی در زمینه تاریخ کاشت و برداشت محصول گندم در شهرستان مشهد، نظر کارشناسان زراعی و همچنین نتایج بررسی‌های Kaboosi و Mohamadnia Ghorabi and Mohamadi (2013)، Farajzadeh Asl et al. (2009) and Majidi (2017) در زمینه فاصله زمانی مرحله‌های رشد گندم داریم در پهنه‌های اقلیمی مختلف، می‌توان حدود مرحله‌های رشد محصول گندم در مشهد را به صورت جدول (۱) در شش مرحله خلاصه کرد. این جدول می‌تواند راهنمایی برای تفکیک متغیرهای اقلیمی هماهنگ و سازگار با مرحله‌های رشد گیاه باشد.

¹ Monte Carlo simulation method

جدول (۱) زمانبندی مرحله‌های رشد محصول گندم در مشهد

Table (1) Schedule the growth stages of wheat crop in Mashhad

برداشت Harvest	گلدهی Flowering			جوانه زنی Germination		مرحله‌های اصلی Main stages
۶- رسیدگی کامل 6. Complete ripening	۵- زایشی 5. Reproductive	۴- مرحله دوم رشد رویشی 4. Second stage of vegetative growth	۳- خواب 3. Sleep	۲- مرحله اول رشد رویشی 2. First stage of vegetative growth	۱- سه برگی شدن 1. Three-leaf	مرحله‌های فرعی Sub-stages
4	3	1, 2	10, 11, 12	9	8	ماه Month

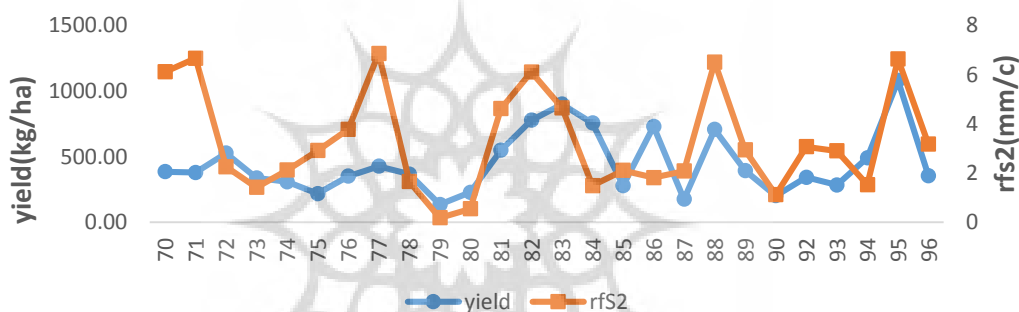
Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

برای کشف متغیرهای مناسب آب و هوایی موثر بر عملکرد از میان شمار زیادی از متغیرهای اقلیمی ماهیانه، فصلی و سالیانه افزون بر متغیرهای موثر بر رشد گیاه بر مبنای مبانی فیزیولوژی رشد، معیارهای آماری از جمله ضریب همبستگی بین عملکرد و متغیرهای اقلیمی و معیارهای نموداری روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها می‌تواند به تشخیص درست کمک کند. بر همین مبنای متغیرهای عامل بارندگی بر حسب میلی متر بر درجه سلسیوس در مرحله دوم رشد رویشی (RFs2) که از نسبت مجموع بارش ماه‌های فروردین و اردیبهشت به میانگین دمای همین ماه‌ها محاسبه شده است، عامل بارندگی مرحله جوانه زنی (RFj) بر حسب میلی متر بر درجه سلسیوس که از نسبت مجموع بارش ماه‌های آبان و آذر به میانگین دمای همین ماه‌ها محاسبه شده است و شمار روزهای با دمای صفر و کمتر از صفر درجه در زمستان (DTZwin) به عنوان کاندیدای مهم-ترین عامل‌های موثر بر عملکرد محصول انتخاب شدند. بر مبنای نمودارهای (۱) تا (۳) و با بررسی روند متغیرهای نام برده و نوسان‌های آن‌ها طی سال‌های ۹۶-۱۳۷۰ و مقایسه آن‌ها با روند متغیر عملکرد گندم دیم مشهد انتظار می‌رود که متغیرهای RFs2 در نمودار (۱) و RFj در نمودار (۲) اثر مستقیم و متغیر DTZwin در نمودار (۳) اثر معکوس بر عملکرد گندم دیم مشهد داشته باشند. افزون بر متغیرهای نام برده، متغیر مجموع بارش سالانه (Ry) بر حسب میلی متر دیگر متغیری است که به عنوان کاندیدای عامل موثر بر عملکرد محصول انتخاب شده است. همان‌طور که در

بررسی تأثیر دو متغیر... ۶۳

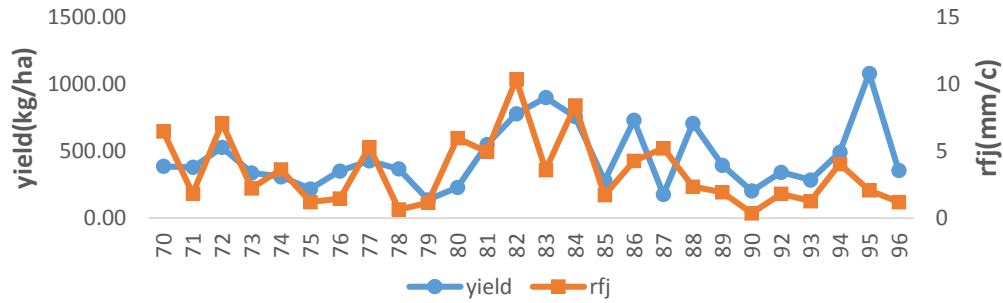
نمودار (۴) مشاهده می‌شود نوسان‌ها و روند مجموع بارش سالانه و عملکرد گندم دیم مشهد طی سال‌های مورد بررسی بسیار شبیه یکدیگرند لذا، انتظار می‌رود این متغیر اثر مستقیم بر عملکرد گندم دیم مشهد داشته باشد. با بررسی‌هایی که انجام شد متغیرهای Ry و RFs2 دارای ارتباط خطی قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر می‌باشند. لذا، برای جلوگیری از مشکل همخطی در الگوهای برآوردی و در عین حال سنجش تاثیر متغیر Ry بر عملکرد محصول، این متغیر در قالب یک متغیر قطعه‌ای^۱ تعریف می‌شود به طوری که برای سال‌هایی که مجموع بارش سالانه بیشتر از میانگین کل مجموع بارش طی سال‌های ۹۶-۱۳۷۰ است میزان تفاوت بارش سالانه از میانگین کل مجموع بارش محاسبه می‌شود و برای دیگر سال‌ها عدد صفر می‌گیرد.



نمودار (۱) مقایسه روند عامل بارندگی در مرحله دوم رشد رویشی و عملکرد گندم دیم برای مشهد طی سال‌های ۹۶-۱۳۷۰

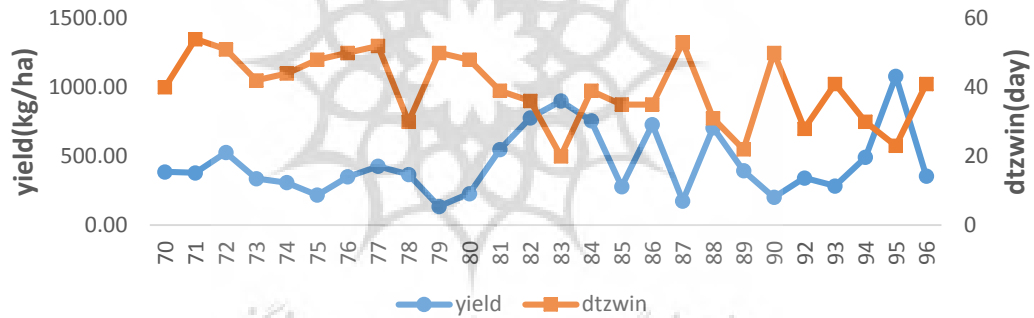
Figure (1) Comparing trends of rainfall factor in the second stage of vegetative growth, and yield of dry-land wheat in Mashhad during 1991-2017

¹ piecewise variable



نمودار (۲) مقایسه روند عامل بارندگی در مرحله جوانه زنی و عملکرد گندم دیم برای مشهد طی سال‌های ۱۳۷۰-۹۶

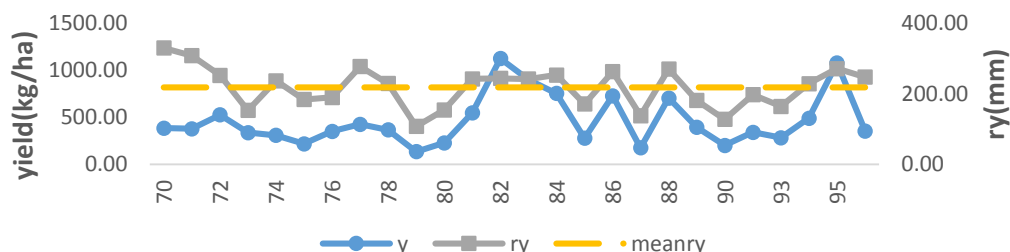
Figure (2) Comparing trends of rainfall factor in the germination stage, and yield of dry-land wheat in Mashhad during 1991-2017



نمودار (۳) مقایسه روند شمار روزهای با دمای کمتر و برابر صفر درجه در زمستان و عملکرد گندم دیم برای مشهد طی سال‌های ۱۳۷۰-۹۶

Figure (3) Comparing Trend of the numbers of days with less than or equal to zero degrees in winter, and yield of dry-land wheat in Mashhad during 1991-2017

بررسی تأثیر دو متغیر... ۶۵



نمودار (۴) مقایسه روند مجموع بارش سالانه و عملکرد گندم دیم برای مشهد طی سال‌های ۱۳۷۰-۹۶
Figure (4) Comparing trends of Total annual precipitation, and yield of dry-land wheat in Mashhad during 1991-2017

برای الگوسازی در این پژوهش از دیگر متغیرهای موثر بر عملکرد گندم مانند نهاده‌های مصرفی استفاده نشده چرا که کشت و تولید محصول مورد بررسی به صورت و روش دیم است و عملکرد آن بیش از هر عاملی به شرایط اقلیمی منطقه مورد بررسی بستگی دارد حتی میزان تأثیر نهاده‌های مصرفی مانند کود و سم (در جاهایی که در تولید این محصول مصرف می‌شود) بر عملکرد محصول به میزان و توزیع بارش که یک متغیر اقلیمی است، بستگی دارد.

برای برآورد الگوهای اقتصاد سنجی و تعیین مقادیر میانگین کل و واریانس کل تابع توزیع ترکیبی برای محصول گندم دیم در مشهد از اطلاعات دوره زمانی سالانه عملکرد گندم دیم در سطح شهرستان مشهد طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۶ استفاده می‌شود که از دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی گرفته شده است. افزون بر آن اطلاعات اقلیمی ماهانه مورد نیاز برای ایستگاه‌های همدید، اقلیم‌شناسی و تبخیر سنجی از سازمان هواشناسی کشور طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۶ گرفته شده‌اند.^۱ سال‌های مورد بررسی بر مبنای سال زراعی (آغاز مهرماه یک سال تا پایان شهریورماه سال بعد) در نظر گرفته شده‌اند. کاستی‌های آماری موجود در اطلاعات اقلیمی ماهانه با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی طبقات اقلیمی، خطوط هم باران، خطوط هم‌دما، تبخیر، پراکندگی

^۱ بنا به اظهار نظر کارشناسان مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، بودجه طرح تهیه و گردآوری پرسشنامه برای محاسبه عملکرد شهرستان‌های کشور در سال ۱۳۹۱ تامین نشده بنابراین داده‌های عملکرد هیچ شهرستانی از جمله مشهد در سال ۱۳۹۱ موجود نمی‌باشد. به همین منظور داده‌های آب و هوایی سال زراعی ۱۳۹۱ نیز از بررسی کنار گذاشته شده‌اند.

ایستگاه های همدید و اقلیم شناسی و باران سنجی سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور (Ministry of Jihad Keshavarzi, 2017b) و بهره گیری از نرم افزار ArcGIS بازسازی شده اند.

نتایج و بحث

ویژگی های آماری مهم ترین متغیرهای اقلیمی موثر بر میانگین و واریانس عملکرد محصول گندم در شهرستان مشهد در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲) ویژگی های آماری متغیرها

Table (2) Descriptive statistics of variables

انحراف معیار Standard deviation	بیشینه Maximum	کمینه Minimum	میانگین Mean	واحد Unit	شرح متغیر Variable description	نام متغیر Variable name
240/15	1080/00	135/76	449/44	کیلوگرم در هکتار Kg/ha	عملکرد Yield	Y
2/08	6/86	0/18	3/28	میلی متر بر سلسیوس mm per degree Celsius	عامل بارندگی در مرحله دوم رشد رویشی Rainfall factor in second stage of vegetative growth	RFs2
2/59	10/36	0/35	3/47	میلی متر بر سلسیوس mm per degree Celsius	عامل بارندگی در مرحله جوانه زنی Rainfall factor in germination stage	RFj
10/16	54/00	20/00	39/69	شمار روز Days	شمار روزهای با دمای کمتر و برابر صفر درجه سلسیوس در زمستان Numbers of days with less than or equal to zero degrees in winter	DTZwin
57/14	330/72	107/84	218/31	میلی متر mm	بارش سالانه Total annual precipitation	Ry

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

بررسی تأثیر دو متغیر... ۶۷

نخستین بخش در بررسی اثر متغیرهای اقلیمی بر میانگین و ریسک عملکرد محصول گندم دیم، برآورد الگوهای اقتصادسنجی مبتنی بر گشتاور می‌باشد تا با استفاده از فراسنجه‌های برآورد شده این الگوها میزان‌های میانگین و واریانس مشروط به متغیرهای اقلیمی محاسبه شوند. نتایج برآورد الگوهای اقتصادسنجی عملکرد و واریانس عملکرد در جدول (۳) ارائه شده است. به طوری که این جدول نشان می‌دهد افزون بر متغیرهای اثرگذار بر عملکرد، وقفه سوم جزء خود توضیح ($AR(3)$) و وقفه چهارم میانگین متحرک ($MA(4)$) نیز در تصریح بهتر الگوی واریانس عملکرد گندم دیم موثر می‌باشند.

بنابر جدول (۳)، مقادیر ضریب تعیین (R^2) الگوی برآورد شده میانگین و واریانس عملکرد گویای توضیح دهندگی قابل قبول متغیرهای اقلیمی در این الگوها می‌باشد. نتایج آزمون نرمال بودن جزء اخلاص (آزمون جارکو- برا) نشان می‌دهد که جزء اخلاص الگوهای میانگین و واریانس برآورد شده تصادفی بوده و فرض صفر مبنی بر نرمال بودن جزء اخلاص رد نشده است. آزمون‌های خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی از نوع ARCH برای الگوهای جدول (۳) نیز در نرم افزار SHAZAM انجام شده است که نتایج آن، وجود خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی در الگوهای برآورد شده را رد می‌نماید^۱.

جدول (۳) نتایج برآورد الگوهای میانگین و واریانس عملکرد با استفاده از رویکرد مبتنی بر گشتاور
Table (3) Results of estimating mean model and variance model of yield using Moment-based approach

الگوی واریانس: لگاریتم طبیعی واریانس عملکرد Variance model: Ln(variance of yield)	الگوی میانگین: لگاریتم طبیعی عملکرد Mean model: Ln(Yield)	متغیر وابسته Dependent variable متغیر مستقل Independent variable
0/4161**	0/0728**	RFs2
-0/1770*	0.0434**	RFj
0/0908**	-0/0194**	DTZwin

^۱ مقادیر احتمال (p-value) آماره‌های کای-دو (chi-square) در ۲۴ وقفه تعیین شده برای آزمون‌های خود همبستگی و واریانس ناهمسانی در الگوهای برآورد شده بیشتر از ۰/۱ است.

ادامه جدول (۳) نتایج برآورد الگوهای میانگین و واریانس عملکرد با استفاده از رویکرد مبتنی بر گشتاور
Table (3) Results of estimating mean model and variance model of yield using Moment-based approach

متغیر وابسته Dependent variable	الگوی میانگین: لگاریتم طبیعی عملکرد Mean model: Ln(Yield)	متغیر مستقل Independent variable
الگوی واریانس: لگاریتم طبیعی واریانس عملکرد Variance model: Ln(variance of yield)		Ryp
	0/0137**	CONSTANT
	2/2206**	AR(3)
	-0/6228**	MA(4)
	0/9996**	R ²
	0/653	P-VALUE (J-B test)
	0/863	
	0/867	
	0/509	

**و* به ترتیب معنی داری با سطح احتمال پنج و ۱۰ درصد (منبع: یافته های تحقیق)

**,* Respectively significant at 5% and 10% (Source: Research findings)

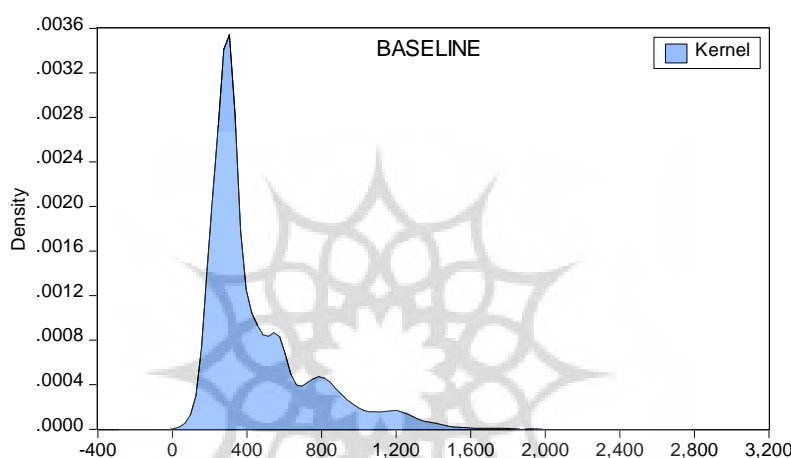
ضریب‌های برآورد شده در الگوی میانگین جدول (۳) نشان می‌دهد که متغیر عامل بارندگی در مرحله دوم رشد رویشی محصول گندم در مشهد اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد آن دارد، به این معنی که با افزایش میانگین عامل بارندگی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در مشهد، میانگین عملکرد گندم در این منطقه افزایش می‌یابد. در این ارتباط Warrington (1977) و Kramer (1997) در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند دو عامل بسیار مهم در مرحله دوم رشد رویشی محصول گندم میزان بارش و دما است و در صورتی که نسبت بارش به دما در این مرحله کاهش یابد یا به عبارتی رطوبت نسبی در این مرحله از رشد محصول کاهش یابد، اندام‌های نر محصول گندم عقیم شده و از این طریق عملکرد محصول کاهش می‌یابد. ضریب متغیر عامل بارندگی در مرحله جوانه زنی محصول گندم در مشهد در الگوی میانگین جدول (۳) نیز نشان می‌دهد که با افزایش میانگین عامل بارندگی در ماه‌های آبان و آذر در مشهد، میانگین عملکرد محصول افزایش می‌یابد. نتایج بررسی‌های Farajzadeh Asl et al. (2009) و Jalali et al. (2017) در رابطه با این موضوع نشان داد که تناسب بین عامل‌های بارش و دما در مرحله جوانه زنی پیش از خواب گیاه بر میزان عملکرد محصول گندم دیم موثر است چرا که هرچه توازن بین جذب آب از زمین و تبخیر آن از راه برگ‌ها

بررسی تأثیر دو متغیر... ۶۹

بهم بخورد، به گیاه و رشد آن آسیب وارد می‌شود. افزون بر این، همان‌طور که در الگوی میانگین جدول (۳) مشاهده می‌شود شمار روزهای با دمای صفر و کمتر از صفر در زمستان (مرحله خواب گیاه گندم دیم در مشهد) اثر منفی و معنی‌داری بر عملکرد محصول دارد. در همین ارتباط (Sari Saraf et al. (2009 در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند که دما در هر یک از مرحله‌های رشد دارای اهمیت است ولی این متغیر در مرحله خواب به دلیل متوقف بودن رشد گیاه و حساس بودن گیاه به نوسان‌های آب و هوایی دارای اهمیت بیشتری است. (Farajzadeh Asl et al. (2009 نیز در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند اگر دمای هوا در مرحله خواب گیاه گندم به صفر درجه سلسیوس یا کمتر از آن برسد گندم دچار تنش سرمایی شده و در نهایت موجب افت عملکرد محصول می‌شود. علامت ضریب متغیر قطعه‌ای مجموع بارش سالانه در الگوی میانگین جدول (۳) نشان می‌دهد که چنانچه مجموع بارش یک سال زراعی بزرگتر از میانگین بلند مدت آن یعنی ۲۱۸ میلی متر باشد، میانگین عملکرد محصول افزایش می‌یابد. همچنین ضریب‌های برآورد شده در الگوی واریانس جدول (۳) نشان می‌دهد که متغیرهای عامل بارندگی در مرحله دوم رشد رویشی محصول گندم، متغیر شمار روزهای با دمای کمتر و برابر صفر درجه در زمستان و متغیر قطعه‌ای بارش سالانه در مشهد اثر مثبت و معنی‌داری بر واریانس عملکرد محصول دارند. از سوی دیگر متغیر عامل بارندگی در مرحله جوانه زنی محصول گندم در مشهد اثر منفی و معنی‌داری بر واریانس عملکرد محصول دارد. این بدان معنی است با افزایش میزان میانگین گروه اول متغیرها ریسک تولید افزایش و با افزایش میزان میانگین متغیر گروه دوم ریسک تولید کاهش می‌یابد.

با بهره‌گیری از فراسنجه‌های برآورد شده و میزان متغیرهای اقلیمی در سال‌های مورد بررسی (۲۶ سال)، میزان میانگین و انحراف معیار مشروط به میزان متغیرهای اقلیمی برای هر سال به صورتی که در مواد و روش‌ها توضیح داده شد، محاسبه شد. سپس، میانگین و واریانس به‌دست آمده برای هر سال استفاده شد و به روش شبیه‌سازی مونت کارلو شمار ۱۰۰۰ عدد عملکرد برای هر سال ایجاد شد تا دامنه متغیر عملکرد در هر سال گسترده‌تر شود. در گام بعدی، با استفاده از توزیع احتمال میزان‌های خلق شده احتمال رخداد هر یک از میزان‌ها محاسبه شد. این احتمال‌ها به عنوان وزن هر یک از میزان‌های عملکرد استفاده شد و برابر آنچه در بخش روش‌شناسی توضیح داده شد میانگین عملکرد غیر مشروط برآورد شد. تابع توزیع ترکیبی در حالت پایه به‌صورت نمودار

(۵) نشان داده شده است. میزان میانگین عملکرد تابع توزیع احتمال ترکیبی از طریق جمع وزنی عملکردهای شبیه سازی شده و میزان احتمال هر یک از آن ها معادل $320/33$ کیلوگرم در هکتار محاسبه شده است. برابر آنچه در بخش روش شناسی توضیح داده شد مقدار واریانس و انحراف معیار کل برای تابع توزیع احتمال ترکیبی نافرسانجه‌ای در حالت پایه محاسبه شد که به ترتیب برابر میزان $16171/04$ و $127/17$ است.



نمودار (۵) نمودار تابع چگالی احتمال ترکیبی عملکرد گندم دیم برای مشهد در حالت پایه
Figure (5) Mixture Density plot of dry-land wheat yields for Mashhad in baseline

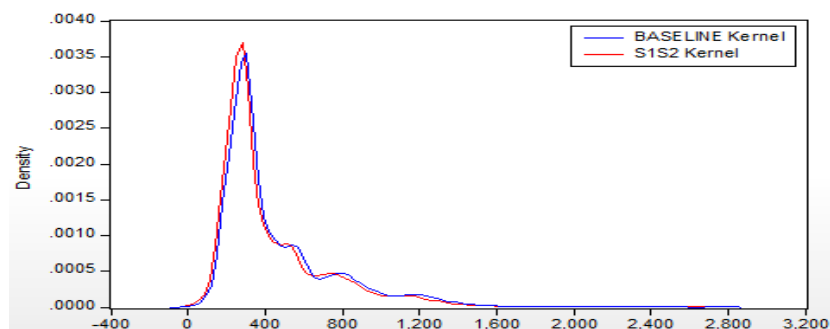
در نهایت برای سنجش اثرگذاری‌های متغیرهای اقلیمی بر میانگین و واریانس کل عملکرد، هفت سناریو اجرا شد که در هر یک از آن‌ها یکی از متغیرهای اقلیمی موثر بر عملکرد تغییر داده شد و تاثیر آن بر میزان میانگین کل و واریانس کل عملکرد محصول محاسبه شد. مبنای سناریوهای آب و هوایی که اجرا شدند گزارش پنجم هیات بین‌الدولی تغییر اقلیم و پیش بینی‌های آن در زمینه منطقه خاورمیانه می‌باشد (IPCC, 2014). در این گزارش پیش بینی شده در صورت عدم پایبندی کشورها به توافقنامه پاریس طی ۵۰ تا ۸۰ سال آینده تا ۲۰ درصد از مجموع بارش کاسته خواهد شد و همزمان میزان $1/5$ تا 3 درجه سلسیوس به میانگین دما در منطقه خاورمیانه افزوده خواهد شد. بر این مبنای، در سناریو اول، افزایش 3 درجه سلسیوس میانگین دمای مرحله جوانه زنی در شرایطی که مجموع بارش در مرحله جوانه زنی ثابت باشد ارزیابی شد. در سناریو دوم، کاهش

بررسی تأثیر دو متغیر... ۷۱

۱۰ میلی متر مجموع بارش مرحله جوانه زنی در شرایطی که میانگین دمای مرحله جوانه زنی ثابت باشد بررسی شد. با اعمال هر یک از سناریوهای اول یا دوم، میانگین عامل بارندگی در مرحله جوانه زنی به یک میزان در هر دو سناریو و معادل $1/5$ میلی متر بر درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. در سناریو سوم، هر دو سناریو اول و دوم یعنی کاهش ۱۰ میلی متر بارش و افزایش ۳ درجه سلسیوس دما در مرحله جوانه زنی به صورت همزمان که معادل کاهش $2/5$ میلی متر بر درجه سلسیوس میانگین عامل بارندگی در مرحله جوانه زنی است اجرا شد.

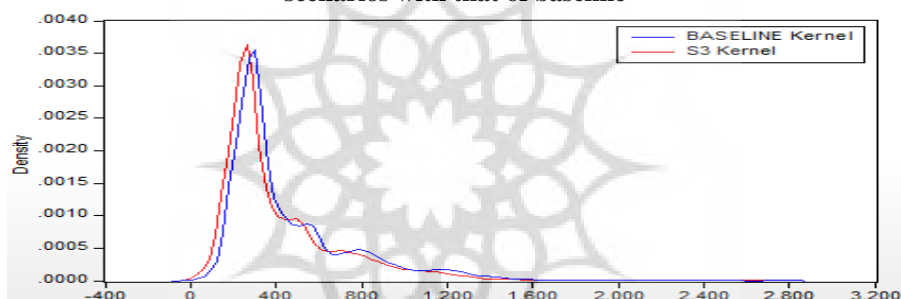
سناریو چهارم با کاهش ۱۰ روز از متغیر تعداد روزهای با دمای کمتر و برابر صفر درجه در زمستان انجام شد. در سناریو پنجم افزایش ۳ درجه سلسیوس میانگین دمای مرحله دوم رشد رویشی در شرایطی که مجموع بارش در این مرحله ثابت باشد اجرا شد. سناریو ششم با کاهش ۱۰ میلی متر مجموع بارش مرحله دوم رشد رویشی در شرایطی که میانگین دمای این مرحله ثابت باشد به اجرا درآمد. با اعمال هر یک از سناریوهای پنجم یا ششم، میانگین عامل بارندگی در مرحله دوم رشد رویشی به یک میزان در هر دو سناریو و معادل $0/5$ میلی متر بر درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. در سناریو هفتم هر دو سناریو پنجم و ششم به‌طور همزمان انجام شد. در این سناریو کاهش ۱۰ میلی متر بارش و افزایش ۳ درجه سلسیوس دما در مرحله دوم رشد رویشی به صورت همزمان که به معنی کاهش $1/5$ میلی متر بر درجه سلسیوس میانگین عامل بارندگی در مرحله دوم رشد رویشی می‌باشد اجرا شد.

با اجرای هر یک از سناریوهای یاد شده و محاسبه دوباره میزان میانگین و انحراف معیار تابع‌های توزیع احتمال شرطی و شبیه‌سازی آن‌ها، تابع‌های چگالی احتمال ترکیبی با اعمال هر یک از سناریوها دچار تغییر می‌شوند که در نمودارهای (۶) تا (۱۰) با تابع چگالی احتمال عملکرد گندم دیم مشهد در حالت پایه مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در این نمودارها مشاهده می‌شود با اجرای سناریوهای اول تا سوم و پنجم تا هفتم نمودار تابع چگالی احتمال عملکرد گندم دیم مشهد نسبت به حالت پایه به سمت چپ منتقل شده و میزان میانگین عملکرد غیر شرطی نسبت به حالت پایه کاهش یافته است. با اجرای سناریو چهارم در نمودار (۸) مشاهده می‌شود که نمودار تابع چگالی احتمال نسبت به حالت پایه به سمت راست منتقل شده و میزان میانگین عملکرد غیر شرطی نسبت به حالت پایه افزایش یافته است.



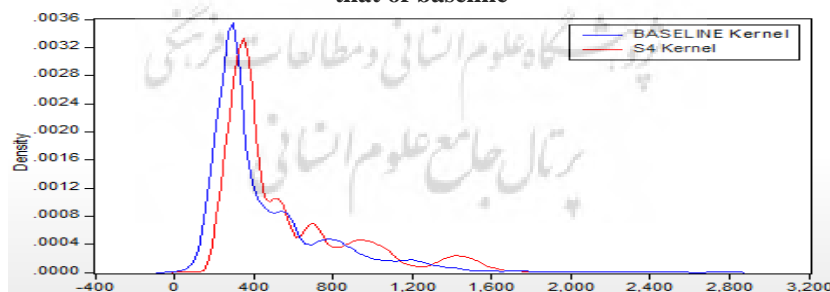
نمودار (۶) مقایسه نمودار توابع چگالی احتمال ترکیبی عملکرد گندم بر مبنای سناریوهای اول یا دوم با حالت پایه

Figure (6) Comparing Mixture Density plot of the yields based on the first or second scenarios with that of baseline



نمودار (۷) مقایسه نمودار توابع چگالی احتمال ترکیبی عملکرد گندم بر مبنای سناریو سوم با حالت پایه

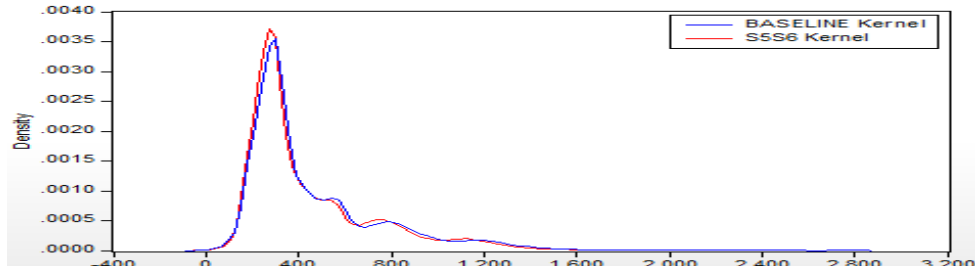
Figure (7) Comparing Mixture Density plot of the yields based on the third scenario with that of baseline



نمودار (۸) مقایسه نمودار توابع چگالی احتمال ترکیبی عملکرد گندم بر مبنای سناریو چهارم با حالت پایه

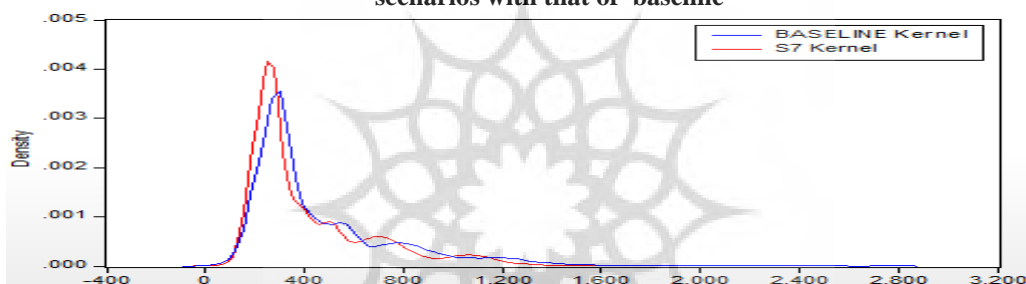
Figure (8) Comparing Mixture Density plot of the yields based on the fourth scenario with that of baseline

بررسی تأثیر دو متغیر... ۷۳



نمودار (۹) مقایسه نمودار توابع چگالی احتمال ترکیبی عملکرد گندم بر مبنای سناریوهای پنجم یا ششم با حالت پایه

Figure (9) Comparing Mixture Density plot of the yields based on the fifth or sixth scenarios with that of baseline



نمودار (۱۰) مقایسه نمودار توابع چگالی احتمال ترکیبی عملکرد گندم دیم بر مبنای سناریو هفتم با حالت پایه

Figure (10) Comparing Mixture Density plot of the yields based on the seventh scenario with that of baseline

برابر روشی که برای محاسبه میانگین کل و واریانس کل در حالت پایه استفاده شد، میزان میانگین و واریانس کل تحت هر یک از سناریوهای اقلیمی مفروض محاسبه و نتایج آن در جدول (۴) گزارش شده است. سناریوهای اول و دوم در واقع به معنای کاهش ۱/۵ واحد معادل ۴۳ درصد از میانگین متغیر عامل بارندگی در ماه‌های آبان و آذر (مرحله جوانه زنی) که برابر ۳/۴۷ میلی متر بر درجه سلسیوس است، می‌باشد. چنانچه این سناریوها رخ بدهد، میانگین عملکرد ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار در حالت پایه با کاهش ۴/۱۷ درصدی رو به رو خواهد شد و به میزان ۳۰۷ کیلوگرم در هکتار خواهد رسید. در این حالت واریانس کل از میزان ۱۶۱۷۱ با ۷/۱۸ درصد کاهش به میزان ۱۵۰۰۹ خواهد رسید. همچنین ضریب تغییرات تابع توزیع ترکیبی از ۰/۳۹۷۰ در حالت پایه

۰/۵۳ درصد افزایش یافته و به میزان ۰/۳۹۹۱ کاهش خواهد یافت. چنانچه به طور همزمان هم سناریوی اول و هم سناریوی دوم رخ بدهند، یعنی از میانگین متغیر عامل بارندگی در ماه‌های آبان و آذر که برابر ۳/۴۷ میلی متر بر درجه سلسیوس است ۲/۵ واحد معادل ۷۲ درصد کاسته شود، در این صورت، ۹/۸۸ درصد از میانگین عملکرد کاسته شده و به میزان ۲۸۹ کیلوگرم در هکتار کاهش خواهد یافت. در این حالت، ۱۰/۵۰ درصد از واریانس کل نسبت به حالت پایه کاسته خواهد شد و به عدد ۱۴۴۷۲ خواهد رسید. در نتیجه این تغییرپذیری‌های در میانگین و واریانس، ضریب تغییرها نیز کاهش ۴/۹۷ درصدی را تجربه خواهد کرد و به عدد ۰/۴۱۶۷ خواهد رسید.

بنا بر جدول (۴)، اگر سناریو چهارم عملی شود یعنی از میانگین متغیر شمار روزهای با دمای کمتر و برابر صفر درجه در زمستان (مرحله خواب) که برابر ۳۹/۶۹ روز است میزان ۱۰ روز یا ۲۵ درصد کاسته شود، در این صورت، میانگین عملکرد نسبت به حالت پایه ۲۱/۴۰ درصد افزایش یافته و به مقدار ۳۸۹ کیلوگرم در هکتار خواهد رسید. در این حالت، واریانس کل افزایشی معادل ۳۶/۱۴ درصد تجربه خواهد کرد و به عدد ۲۲۰۱۷ خواهد رسید. در این صورت، ضریب تغییرها هم با ۳/۹۰ درصد کاهش به عدد ۰/۳۸۱۵ خواهد رسید.

میزان‌ها محاسبه شده در جدول (۴) نشان می‌دهد اگر هر یک از سناریوهای پنجم یا ششم اجرا شوند از میانگین متغیر عامل بارندگی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت (مرحله دوم رشد رویشی) که برابر ۳/۲۸ میلی متر بر درجه سلسیوس است مقدار ۰/۵ واحد یا ۱۵ درصد کاسته می‌شود. در این صورت، میانگین عملکرد از ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار در حالت پایه با ۳/۸۴ درصد کاهش به مقدار ۳۰۸ کیلوگرم در هکتار می‌رسد. واریانس کل هم از عدد ۱۶۱۷۱ با ۹/۱۵ درصد کاهش به میزان ۱۴۶۹۰ می‌رسد. همچنین، ضریب تغییرها نیز از عدد ۰/۳۹۷۰ با ۰/۸۸ درصد کاهش به عدد ۰/۳۹۳۵ می‌رسد. اما، سناریوی هفتم که رخداد همزمان سناریوهای پنجم و ششم را شبیه سازی می‌کند، نشان می‌دهد که با کاهش ۱/۵ واحد معادل ۴۶ درصد از میانگین متغیر عامل بارندگی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت (۳/۲۸ میلی متر بر درجه سلسیوس است) ۱۰/۶۱ درصد از میانگین عملکرد کم خواهد شد و به میزان ۲۸۶ کیلوگرم در هکتار خواهد رسید. واریانس کل با ۲۱/۶۶ درصد کاهش به عدد ۱۲۶۶۸ خواهد رسید. همچنین، ضریب تغییرها با کاهش ۱/۰۰ درصد به ۰/۳۹۳۰ خواهد رسید.

بررسی تأثیر دو متغیر... ۷۵

همان‌طور که نتایج نشان شمار کاهش تعداد روزهای با دمای کمتر و برابر صفر درجه در مرحله خواب گیاه بیشترین تاثیر را بر افزایش میانگین عملکرد و کاهش ریسک عملکرد محصول دارد، اجرای سناریو هفتم یعنی کاهش همزمان ۱۰ میلی متر مجموع بارش و افزایش ۳ درجه سلسیوس میانگین دما در مرحله دوم رشد رویشی گیاه بیشترین تاثیر را بر کاهش میانگین عملکرد محصول دارد و همچنین اجرای سناریو سوم یعنی کاهش همزمان ۱۰ میلی متر مجموع بارش و افزایش ۳ درجه سلسیوس میانگین دما در مرحله جوانه زنی گیاه بیشترین تاثیر را بر افزایش ریسک عملکرد محصول دارد. با توجه به نتایج اجرای سناریوهای اقلیمی در این بررسی و پیش بینی‌های IPCC (2014) در زمینه افزایش دما و کاهش بارش طی ۵۰ تا ۸۰ سال آینده در منطقه خاورمیانه و همچنین روند افزایشی میانگین دمای سالانه و روند کاهشی مجموع بارش سالانه در شهرستان مشهد طی سال‌های گذشته انتظار می‌رود میانگین عملکرد گندم دیم طی سال‌های آینده کاهش و ریسک عملکرد در شهرستان مشهد افزایش یابد.

جدول (۴) محاسبه میانگین، واریانس کل و ضریب تغییرات تابع توزیع ترکیبی پس از اعمال سناریوها

Table (4) Calculation of yields mean, total variance and coefficient of variation for Mixture Distribution Function after performing scenarios

ضریب تغییرات تابع توزیع ترکیبی Coefficient of variation of mixture distribution function	انحراف معیار کل غیر شرطی (کیلوگرم در هکتار) Unconditional total standard deviation (kg/ha)	واریانس کل غیر شرطی (توان دوم کیلوگرم در هکتار) Unconditional total variance (kg/ha) ²	عملکرد کل غیر شرطی (کیلوگرم در هکتار) Unconditional total yield (kg/ha)	شرح Description	سناریو scenario
0/3970	127/17	16171/04	320/33	حالت پایه Baseline	*
0/3991	122/51	15009/43	306/97	کاهش ۱۰ میلی متر مجموع بارش یا افزایش ۳ درجه سلسیوس میانگین دمای ماه‌های ۸ و ۹ (کاهش ۱/۵ واحد از عامل بارندگی در مرحله جوانه زنی) 10 mm decrease in total precipitation or 3°C increase in average temperature of months 8 and 9 (1.5 units decrease of rainfall factor in the germination stage)	اول یا دوم First or second

ادامه جدول (۴) محاسبه میانگین، واریانس کل و ضریب تغییرهای تابع توزیع ترکیبی پس از اعمال سناریوها

Table (4) Calculation of mean, total variance and coefficient of variation for Mixture Distribution Function after performing scenarios

ضریب تغییرهای تابع توزیع ترکیبی Coefficient of variation of mixture distribution function	انحراف معیار کل غیر شرطی (کیلوگرم در هکتار) Unconditional total standard deviation (kg/ha)	واریانس کل غیر شرطی (توان دوم کیلوگرم در هکتار) Unconditional total variance (kg/ha) ²	عملکرد کل غیر شرطی (کیلوگرم در هکتار) Unconditional total yield (kg/ha)	شرح Description	سناریو scenario
0/4167	120/30	14472/30	288/69	کاهش ۱۰ میلی متر مجموع بارش و افزایش ۳ درجه سلسیوس میانگین دمای ماه های ۸ و ۹ (کاهش ۲/۵) واحد از عامل بارندگی در مرحله جوانه زنی) 10 mm decrease in total precipitation and 3°C increase in average temperature of months 8 and 9 (2.5 units decrease of rainfall factor in the germination stage)	سوم Third
0/3815	148/38	22016/62	388/89	کاهش ۱۰ روز از تعداد روزهای با دمای کمتر و برابر صفر درجه در زمستان 10 days decrease from the numbers of days with less than or equal to zero degrees in winter	چهارم Fourth
0/3935	121/20	14689/88	308/03	کاهش ۱۰ میلی متر مجموع بارش یا افزایش ۳ درجه سلسیوس میانگین دمای ماه های ۱ و ۲ (کاهش ۰/۵) واحد از عامل بارندگی در مرحله دوم رشد رویشی) 10 mm decrease in total precipitation or 3°C increase in average temperature of months 1 and 2 (0.5 units decrease of rainfall factor in the second stage of vegetative growth)	پنجم یا ششم Fifth or sixth
0/3930	112/55	12667/94	286/33	کاهش ۱۰ میلی متر مجموع بارش و افزایش ۳ درجه سلسیوس میانگین دمای ماه های ۱ و ۲ (کاهش ۱/۵) واحد از عامل بارندگی در مرحله دوم رشد رویشی) 10 mm decrease in total precipitation and 3°C increase in average temperature of months 8 and 9 (2.5 units decrease of rainfall factor in the second stage of vegetative growth)	هفتم Seventh

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی تأثیر دو متغیر... ۷۷

نتایج اجرای سناریوهای مختلف اقلیمی بر میانگین و ریسک عملکرد گندم دیم در شهرستان مشهد نشان می‌دهد که در خوش‌بینانه‌ترین شرایط اقلیمی طی ۵۰ تا ۸۰ سال آینده که از میانگین شمار روزهای با دمای کمتر و برابر صفر درجه در زمستان (مرحله خواب گیاه) ۲۵ درصد کاسته شود، میانگین عملکرد گندم دیم در شهرستان مشهد ۲۱/۴۰ درصد نسبت به حالت پایه افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، در بدبینانه‌ترین شرایط اقلیمی طی ۵۰ تا ۸۰ سال آینده که ۱۰ میلی‌متر از میانگین مجموع بارش در مرحله جوانه زنی و مرحله دوم رشد رویشی کاسته شود و همزمان ۳ درجه سلسیوس به میانگین دمای این مرحله‌ها افزوده شود، میانگین عملکرد گندم دیم در این شهرستان ۲۰/۴۹ درصد نسبت به حالت پایه کاهش می‌یابد. میانگین عملکرد در خوش‌بینانه‌ترین و بدبینانه‌ترین شرایط اقلیمی بین ۲۱/۴۰+ و منفی ۲۰/۴۹- درصد نسبت به میانگین عملکرد در حالت پایه در نوسان خواهد بود که بیانگر ریسک بسیار زیاد محصول گندم دیم تحت شرایط متغیر اقلیمی در شهرستان مشهد می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پیش‌بینی‌های IPCC (2014) در زمینه افزایش دما و کاهش بارش طی ۵۰ تا ۸۰ سال آینده در منطقه خاورمیانه، روند افزایشی میانگین دمای سالانه و روند کاهشی مجموع بارش سالانه در شهرستان مشهد طی سال‌های گذشته، نتایج اجرای سناریوهای اقلیمی در این بررسی و همچنین اختلاف ۴۲ درصدی میانگین عملکرد در خوش‌بینانه‌ترین و بدبینانه‌ترین شرایط اقلیمی در این بررسی نشان دادند که تولیدکنندگان گندم دیم در شهرستان مشهد تحت تأثیر تغییر شرایط اقلیمی با ریسک بسیار بیشتری نسبت به شرایط کنونی رو به رو خواهند شد. به عبارت دیگر، بنابر نتایج سناریوها کاهش میانگین عملکرد و افزایش ریسک تولید گندم دیم در سال‌های آینده در شهرستان مشهد مورد انتظار است. بنابراین، به تدریج و با مشهودتر شدن پیامدهای تغییر اقلیم به صورت افزایش دما و کاهش میزان بارش رغبت به کشت این محصول کاهش خواهد یافت. براین مبنای توسعه رقم‌های بذر گندم دیم متحمل و مقاوم به خشکی و یا پیدا کردن محصول مناسب جایگزین تنها راه حل روبارویی با این چالش می‌باشد و توجه به آن تأکید می‌شود.

منبع‌ها

- Antle, J. M. (1983) Testing the stochastic structure of production: a flexible momentbased approach. *Journal of Business and Economic Statistics*, 1:192-201.
- Antle, J. M. (2010) Asymmetry, partial moments, and production risk. *American Journal of Agricultural Economics*, 92: 1294-1309.
- Azizi, G. and Yarahmadi, D. (2003) Investigation of relationship between climatic parameters and wheat yield using regression model (Case study: Silakhor Plain). *Geographic Research*, 44: 23-29. (In Farsi)
- Baillie, R. T. (1980) Predictions from ARMAX models. *Journal of Econometrics*, 12: 365-374.
- Balyani, Y. A., Hejazizadeh, Z., Faraji, A. and Bayat, A. (2012) Zoning of climate-agricultural dryland wheat using GIS Case study: Fars Province. *Journal of Physical Geography*, 5: 33-50. (In Farsi)
- Billingsley, P. (1995) Probability and measure. *New York, NY: John Wiley & Sons*.
- Darijani, A., Hosseini, S. S. and Ghorbani, M. (2008) Estimating of drought loss on rainfed wheat in Golestan Province. *Agricultural Economics and Development*, 16: 83-95. (In Farsi)
- Duan, N. (1983) Smearing estimate: a nonparametric retransformation method. *Journal of the American Statistical Association*, 78: 605-610.
- Farajzadeh Asl, M., Kashki, A. and Shayan, S. (2009) Analysis of rain-fed wheat yield product variability using climate change approach (Case study area: Khorasan Razavi Province). *The Journal of Spatial Planning*, 13: 227-257. (In Farsi)
- Feizizadeh, B., Abdali, H., Rezaei Banfshe, M. and Mohamadi, G. M. (2013) GIS based land suitability assessment for dry-farming wheat in the Eastern Azerbaijan Province. *Journal of Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 92: 75-91. (In Farsi)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007) Climate change 2007: AR4 synthesis report. Available at <https://www.ipcc.ch/>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014) Climate change 2014: AR5 synthesis report. Available at <https://www.ipcc.ch/>.
- Jalali, M., Mohammadi, G. H., Hoseini Sadr, A. and Khoshvaghti, H. (2017) The role of spatial and temporal fluctuations of climatic parameters in dry land wheat yield (Case study: Kaleibar and Khodaafarin County). *Journal of Physical Geography*, 9: 105-123. (In Farsi)
- Janat Sadeghi, M., Shahnoushi Foroushani, N., Daneshvar Kakhki, M., Dourandish, A. and Mohammadi, H. (2018) Assessing the effective factors on the yield of strategic

بررسی تأثیر دو متغیر... ۷۹

- agricultural products (wheat and barley) in Khorasan Razavi Province. *Agricultural Economics*, 12: 111-134. (In Farsi)
- Kaboosi, K. and Majidi, O. (2017) Agro-ecological zoning of rainfed wheat in Golestan province based on meteorology, agronomy, soil and land properties. *Journal of Agroecology*, 7: 134-154. (In Farsi)
- Koochaki, A. and Nasiri, M. (2008) The impact of climate change with increasing CO₂ concentration on wheat yield in Iran and evaluation of adaptation strategies. *Journal of Agricultural Research*, 6: 139-153. (In Farsi)
- Kramer, P. J. (1997) Plant and soil water relationships: a modern synthesis. *Tata Mc Grew Hill Publishing Company Ltd. New Delhi*, 296- 345.
- Liangzhi, Y., Mark, W., Cheng, F. and Stanly, W. (2005) Impact of global warming on chinese wheat productivity. *International Food Policy Research Institute, Ept Discussion paper*, 143-158.
- Metropolis, N. and Ulam, S. (1949) The monte carlo method. *Journal of the American Statistical Association*, 44: 335-341.
- Ministry of Jihad Keshavarzi. (2017a) Forests, Rangelands and Watershed Management Organization, Climate Class Information Layers, Tehran, Iran. (In Farsi)
- Ministry of Jihad Keshavarzi. (2017b) Office of Statistics and Information Technology, Volume One: Crop Products - Agricultural Statistics (2016-2017), Tehran, Iran. (In Farsi)
- Mohamadnia Ghorabi, S. and Mohamadi, H. (2013) Zoning of agricultural climate of wheat crop in Khorasan Razavi province based on temperature and rainfall using GIS. *Journal of Geography and Regional Development*, 21: 43-57. (In Farsi)
- Sari Saraf, B., Bazgir, S. and Mohammadi, G. H. (2009) Zoning the climatic potentials of dry-farming wheat cultivation in the West Azarbaijan (Iran). *Geography and Development*, 7: 5-26. (In Farsi)
- Siameh, C. O. (2016) Cotton premium rate heterogeneities and implications under climate change. M. S. thesis, Department of Agricultural Economics, Faculty of Mississippi State University.
- Tack, J. B. and Ubilava, D. (2013) The effect of el niño southern oscillation on us corn production and downside risk. *Climatic Change*, 121: 689-700.
- Tack, J. B., Barkley, A. and Nalley, L. L. (2014) Heterogeneous effects of warming and drought on selected wheat variety yields. *Climatic Change*, 125: 489-500.
- Tack, J. B., Coble, K. and Barnett, B. (2018) Warming temperatures will likely induce higher premium rates and government outlays for the US crop insurance program. *Agricultural Economics*, 49: 635-647.

- Tack, J. B., Harri, A. and Coble, K. (2012) More than mean effects: modeling the effect of climate on the higher order moments of crop yields. *American Journal of Agricultural Economics*, 94: 1037-1054.
- Tahamipour Zarandi, M. (2013) Investigating nature of risk and specifying appropriate risk management model for Iranian farming sector. Ph. D. Thesis, Agricultural Economics Department, University of Tehran. (In Farsi)
- Tolhurst, T. N. and Ker, A. P. (2015) On technological change in crop yields. *American Journal of Agricultural Economics*, 97: 137-158.
- Warrington, I. J. (1977) Crop phenological stages. *Australian Journal of Agricultural Research*, 28: 11-27.
- Zarkani, F., Kamali, Gh. A. and Chizari, A. H. (2014) The effects of climate change on rain-fed wheat (Case study: North Khorasan). *Journal of Agroecology*, 6: 301-310. (In Farsi)





Investigation the Effects of Two Important Climate Variables on Yield and Production Risk of Dry-land Wheat Using Moment-Based Models

*Ebrahim Ensan, Habibollah Salami, Iraj Saleh, Gholamreza Peykani
Machiani*¹

Received:13 Sep.2020

Accepted:30 Oct.2020

Extended Abstract

Introduction

The yield of agricultural products and their risks are highly conditional on climate conditions. The forecasts of climate changes with the characteristic of decreasing rainfall, increasing temperature and increasing the occurrence of extreme climate phenomena in the future over the globe and for the Middle East predict worsening climate conditions for growing agricultural products. Thus, investigating how these changes will affect yields of different crops and their risks of production is of interest to producers and agricultural policy makers. This study tries to investigate consequences of the changes in two important climate parameters on yield and risk of dry-land wheat production in Mashhad city.

Materials and Method

In this study, annual time series data on dry-land wheat yield and monthly climate information over 1991 to 2017 in Mashhad were used to specify crop yield conditional probability distribution functions, using Moment-based regression models. Then, unconditional yield distribution was derived using the weighted mixture of yield conditional probability distributions. In fact, the unconditional yield distribution was used to calculate unconditional total yield and unconditional total variance. Finally, simulation approach was used to simulate the effects of changes in the climate parameters on the mean and variance of yield distribution. To measure the effect of climate factors on the total mean and total variance of yield, seven climate scenarios based on the climate changes forecasts for the Middle East were implemented.

¹ Respectively: PhD Candidate, Professor, Associate Professor, Associate Professor of Agricultural Economics, University of Tehran.
Email: hsalami@ut.ac.ir

Results and discussion

The results reveal that the amount of rainfall at the stage of vegetative growth and at germination stage, the total annual precipitation, and the numbers of days that go below zero degree of Celsius in the sleep stage are important factors in determining the yield and yield variance of dry-land wheat in Mashhad. As an example, a 10 mm decrease in precipitation at the germination stage will decrease the average yield by 14 kilograms, or by 4.37 percent. An increase of the temperature by 3 degrees of Celsius at this stage has an equivalent effect on reducing average yield. In contrast, a decrease in the numbers of days that go below zero degree of Celsius by 10 in the sleep stage, will result in 66 kilograms or 21 percent increase in the average yield. Furthermore, the simulation results indicate that the mean of the yield of dry-land wheat will fluctuate between +21.40% and -20.49% relative to the base line yield, given that the best or the worst expected scenario of climate condition is prevailed. In addition, given the upward trend of average annual temperature and downward trend of total annual precipitation during the past 26 years in Mashhad, and according to IPCC climate change prediction, an increase in the risk of production and a decrease in the mean of the yield is expected in the future.

Suggestion

Based on the above mentioned results, developing an appropriate variety which is dry resistance, or searching for an appropriate plant to be substituted for the dry-land wheat in Mashhad is suggested as a way to face with climate change challenges in this region.

JEL Classification: C15, C32, N55, Q54

Keywords: Yield Mean, Yield Risk, Dry-land Wheat, Climate Variables, Moment-Based models.